

第 9 図

V 結 論

以上の実験事実から凸張りをもち平板試験片の凸張りの要素 b, h, r の伸率に対する影響は b が一番にそして丸味 r がその次に影響し、高さ h は伸率に殆ど影響しないことがわかった。⁽⁴⁾ このことは矩形の凸張りをもち二次元面の理論は解けていてもその数値計算が極めて難しい現在、この実験結果より推して知る以外方法がない。尚従来 sharp corner に於ては無限大の応力が集中してここで切断すると考えられていたが僅か二種類ではあつたが $r=0$ 即ち sharp corner では切れなかつた。即ち丸味をつけて応力集中を避けた訳であるが sharp corner の場合はこの部に速かに応力が集中して塑性域に入る。而して材料が降伏してから破断に到る間は石橋博士⁽⁵⁾その他の研究によると、その部より少し離れ

た点の応力と、その物体の形状に大いに影響されると云われている。従つて sharp corner には応力が集中して速かに降伏するがそれ以後は凸張りのため sharp corner 以外の点の応力の値は小さく、且又この凸張りの形状のため迂りの流れが妨げられて、この凸張りのある以外の迂りの流れの大きい所で破断するに到ると考えられる。しかし之はあく迄現象理論的に実験事実からとつた結論であつて、之を裏付する厳密な理論なくして決定づけることは早計である。がいづれにしても今迄考えられたいやうに sharp corner で必ず切断するとは云えないと思う。

参 考 文 献

※昭和27年3月29日日本機械学会関西支部総会講演会で発表

註：—

- (1) 石橋正：沢山あるが例えば“切欠と強さ”機械の研究第5巻第4号その他九大工学部紀要機械学会論文集etc.
島田平八：“矩形切欠付丸棒の引張り強度の研究”東北大学工学部 内力及び弾性学研究室報告第二巻第三号
- (2) sharp cornerで切れることになっているが順序として行つてみた。
- (3) 註1参照
- (4) 太田友彌、半田孝男 “Contribution to the Problem of the Stresses at a Discontinuity existing at the End of a Bridge.” 造船協会 No.83 P.53
- (5) 註1参照

一方向連続板の振動について

— 撓角法による解法 —

米 沢 博

1. まえがき

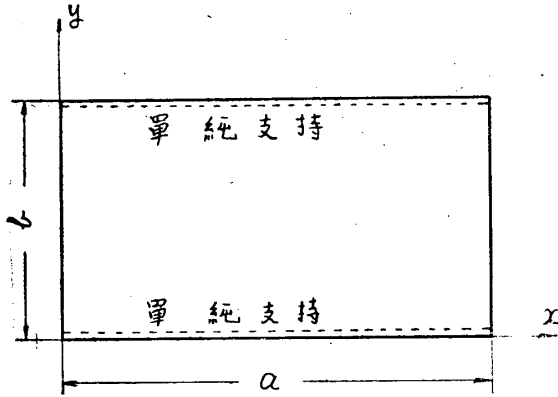
橋梁等の床版は殆んどが弾性支承上の連続板であるにかかわらず、曲げモーメントや振動数等の解析には beam の理論もしくは一個の板としての理論を用いているようである。

さきに京大成岡博士がラーメン解析における撓角法⁽¹⁾を連続板に適用することを提唱され、さらに同氏、著者等は之の理論を鋼道路橋床版およ

び桁の曲げモーメント、剪断力に応用して従来の設計法に比して合理的な結果を得た。⁽²⁾ 他方板の振動の理論は一個の板に関するものは枚挙にいとまないほどあるが、連続板に関するものは著者寡聞にして一二の例を知るのみである。ここに一方向連続板の自由振動に撓角法を適用して、従来の方法では非常に複雑になるか殆んど不可能な場合でもこれによると比較的簡単に解

析しうる結果を得たので一応報告する。

2. 自由振動に対する撓角法基礎公式の誘導



第1図

第1図の如く $y=0, y=b$ にて単純支持された矩形板の振動の微分方程式は(1)式にて表はされる。

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \frac{h\rho}{D} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} W(x) \sin \frac{n\pi y}{b} \sin pt \quad (2)$$

とおけば $y=0, y=b$ の周辺条件は満足される。(2)式を(1)式に代入して解けば

$$W(x) = A_1 \cos \alpha x + A_2 \sin \alpha x + A_3 \cosh \beta x + A_4 \sinh \beta x \quad (3)$$

ただし

$$\alpha = \sqrt{\sqrt{\frac{\rho h p^2}{D}} - \frac{n^2 \pi^2}{b^2}}$$

$$\beta = \sqrt{\sqrt{\frac{\rho h p^2}{D}} + \frac{n^2 \pi^2}{b^2}}$$

$x=0, x=a$ の周辺条件を次式にて表はす。

$$\left. \begin{aligned} x=0; \delta_A = w &= \sum \delta_{A,n} \sin \lambda y \sin pt \\ M_A &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ &= \sum M_{A,n} \sin \lambda y \sin pt \\ x=a; \delta_B = w &= \sum \delta_{B,n} \sin \lambda y \sin pt \\ M_B &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ &= \sum M_{B,n} \sin \lambda y \sin pt \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ただし $\lambda = n\pi/b$

(4)式に(2)式を代入して A_1, A_2, A_3, A_4 を決めると

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{M_{A,n}}{D(\alpha^2 + \beta^2)} + \frac{\delta_{A,n}(\beta^2 - \nu \lambda^2)}{\alpha^2 + \beta^2} \\ A_2 &= \frac{-M_{A,n} \cos \alpha a + M_{B,n}}{D(\alpha^2 + \beta^2) \sin \alpha a} \\ &\quad - \frac{(\beta^2 - \nu \lambda^2)(\delta_{A,n} \cos \alpha a - \delta_{B,n})}{(\alpha^2 + \beta^2) \sin \alpha a} \\ A_3 &= -\frac{M_{A,n}}{D(\alpha^2 + \beta^2)} + \frac{\delta_{A,n}(\alpha^2 + \nu \lambda^2)}{\alpha^2 + \beta^2} \\ A_4 &= \frac{M_{A,n} \cosh \beta a - M_{B,n}}{D(\alpha^2 + \beta^2) \sinh \beta a} \\ &\quad - \frac{(\alpha^2 + \nu \lambda^2)(\delta_{A,n} \cosh \beta a - \delta_{B,n})}{(\alpha^2 + \beta^2) \sinh \beta a} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

つぎに

$$\left. \begin{aligned} x=0; \frac{\partial w}{\partial x} &= \sum \theta_{A,n} \sin \lambda y \sin pt \\ V_A &= -D \left\{ \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (2 - \nu) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right\} \\ &= \sum V_{A,n} \sin \lambda y \sin pt \\ x=a; \frac{\partial w}{\partial x} &= \sum \theta_{B,n} \sin \lambda y \sin pt \\ V_B &= -D \left\{ \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (2 - \nu) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right\} \\ &= \sum V_{B,n} \sin \lambda y \sin pt \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

として(5)式の積分常数を用いて θ, V を $M_{A,n}, M_{B,n}, \delta_{A,n}, \delta_{B,n}$ にて表はしうる。さらに $M_{A,n} = M_{AB,n}, M_{B,n} = -M_{BA,n}, V_{A,n} = V_{AB,n}, V_{B,n} = V_{BA,n}$ において撓角法の規約になおすと

$$\left. \begin{aligned} \theta_{A,n} &= \frac{M_{AB,n} c(p)}{D} - \frac{M_{BA,n} s(p)}{D} + \{ \delta_{B,n} d(p) - \delta_{A,n} t(p) \} \\ \theta_{B,n} &= -\frac{M_{AB,n} s(p)}{D} + \frac{M_{BA,n} c(p)}{D} + \{ \delta_{B,n} t(p) - \delta_{A,n} d(p) \} \\ -\frac{V_{AB,n}}{D} &= \frac{M_{AB,n}}{D} t(p) + \frac{M_{BA,n}}{D} d(p) + \{ \delta_{B,n} f(p) - \delta_{A,n} v(p) \} \\ -\frac{V_{BA,n}}{D} &= \frac{M_{AB,n}}{D} d(p) + \frac{M_{BA,n}}{D} t(p) + \{ \delta_{B,n} v(p) - \delta_{A,n} f(p) \} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ただし

$$\begin{aligned} c(p) &= (-\alpha \cos \alpha a \sinh \beta a + \beta \sin \alpha a \cosh \beta a) / C \\ s(p) &= (\alpha \sinh \beta a - \beta \sin \alpha a) / C \\ d(p) &= \{ \alpha(\beta^2 - \nu \lambda^2) \sinh \beta a + \beta(\alpha^2 + \nu \lambda^2) \sin \alpha a \} / C \\ t(p) &= \{ \alpha(\beta^2 - \nu \lambda^2) \cos \alpha a \sinh \beta a + \beta(\alpha^2 + \nu \lambda^2) \sin \alpha a \cosh \beta a \} / C \end{aligned}$$

$$f(p) = \{-\alpha(\beta^2 - \nu\lambda^2)^2 \sinh\beta a + \beta(\alpha^2 + \nu\lambda^2)^2 \sin\alpha a\} / C$$

$$v(p) = \{-\alpha(\beta^2 - \nu\lambda^2)^2 \cos\alpha a \sinh\beta a + \beta(\alpha^2 + \nu\lambda^2) \sin\alpha a \cosh\beta a\} / C$$

$$C = (\alpha^2 + \beta^2) \sin\alpha a \sinh\beta a$$

(7) 式より逆に M, V を θ, δ にて表はすと

$$\left. \begin{aligned} M_{AB,n} &= \frac{D}{c^2(p) - s^2(p)} [c(p)\theta_{A,n} + s(p)\theta_{B,n} - \{j(p)\delta_{B,n} - i(p)\delta_{A,n}\}] \\ M_{BA,n} &= \frac{D}{c^2(p) - s^2(p)} [s(p)\theta_{A,n} + c(p)\theta_{B,n} - \{i(p)\delta_{B,n} - j(p)\delta_{A,n}\}] \\ V_{AB,n} &= -\frac{D}{c^2(p) - s^2(p)} [i(p)\theta_{A,n} + j(p)\theta_{B,n} - \{h(p)\delta_{B,n} - l(p)\delta_{A,n}\}] \\ V_{BA,n} &= -\frac{D}{c^2(p) - s^2(p)} [j(p)\theta_{A,n} + i(p)\theta_{B,n} - \{l(p)\delta_{B,n} - h(p)\delta_{A,n}\}] \end{aligned} \right\} (8)$$

ただし

$$i(p) = t(p) \cdot c(p) + d(p) \cdot s(p)$$

$$j(p) = d(p) \cdot c(p) + t(p) \cdot s(p)$$

$$h(p) = j(p) \cdot t(p) + i(p) \cdot d(p) - f(p) \{c^2(p) - s^2(p)\}$$

$$l(p) = i(p) \cdot t(p) + j(p) \cdot d(p) - v(p) \{c^2(p) - s^2(p)\}$$

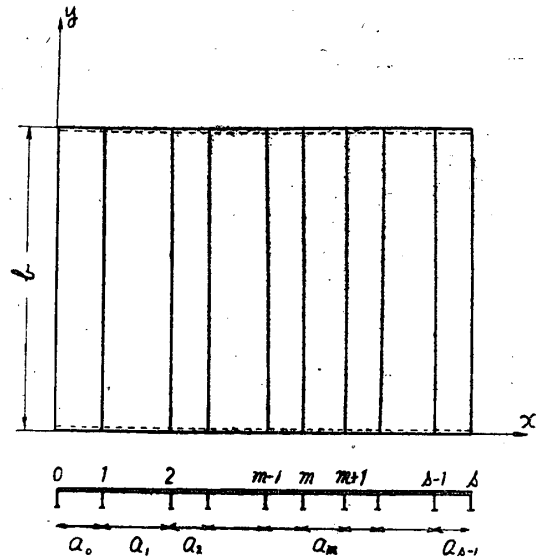
(8) 式が端モーメント、剪断力を撓角 θ 、撓度 δ にて表はしたものでラーメンにおける撓角法を板の振動に適用した場合の基本式である。

3. 連続板の振動数の計算法

橋梁の床版、補剛材を配置した板等はいづれも多数の弾性梁にて支えられた連続板と考えられる。倉田氏の行はれた方法⁽⁴⁾等の従来の方法によると剛支承にて単純支持された等径間連続板の場合等はよいが、上のごとき一般的な場合に適用すると連続部分の条件式が多くなつて非常に複雑になるか殆んど解くことは不可能になる。撓角法によれば条件式中に撓角、撓度が含まれるため条件式が簡単になるかもしくは非常に数が少くなり、かつ機械的計算のみにて一般的な場合が解きうる。

いま第2図のごとき板につき考える。

D : 板の曲げ剛さで各径間について同一とする。
 B, T : 支承梁の曲げ剛さ、振り剛さ



第 2 図

ρ_b : 支承梁の単位長さの質量

とし $c_m(p) \dots l_m(p)$ 等を略して $c_m \dots l_m$ と表はす。 m 支承における連続条件を考え、まず m 支承の左右の板の曲げモーメントと支承の振りモーメントが平衡しなければならぬから次式を得る。

$$\sum_n M_{m, m-1} \sin\lambda y \sin p t + \sum_n M_{m, m+1} \sin\lambda y \sin p t + T_m \left(\frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right)_m = 0 \quad (9)$$

つぎに m 支承の撓みにつき考えると

$$B_m \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right)_m = \sum_n B_m \delta_m \lambda^4 \sin\lambda y \sin p t = m \text{ 支承にかゝる分布荷重} = -\rho_{bm} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right)_m + \sum_n V_{m, m+1} \sin\lambda y \sin p t - \sum_n V_{m, m-1} \sin\lambda y \sin p t \quad (10)$$

(9) (10) 式に (8) 式を代入すれば

$$\begin{aligned} & \frac{s_{m-1}}{c^2_{m-1} - s^2_{m-1}} \theta_{m-1} + \left(\frac{c_{m-1}}{c^2_{m-1} - s^2_{m-1}} + \frac{c_m}{c^2_m + s^2_m} - \frac{T_m \lambda^2}{D} \right) \theta_m + \frac{s_m}{c^2_m - s^2_m} \theta_{m+1} + \frac{j_{m-1}}{c^2_{m-1} - s^2_{m-1}} \\ & \delta_{m-1} - \left(\frac{i_{m-1}}{c^2_{m-1} - s^2_{m-1}} - \frac{i_m}{c^2_m - s^2_m} \right) \delta_m - \frac{j_m}{c^2_m - s^2_m} \\ & \delta_{m+1} = 0 \quad (11) \\ & \frac{j_{m-1}}{c^2_{m-1} - s^2_{m-1}} \theta_{m-1} + \left(\frac{i_{m-1}}{c^2_{m-1} - s^2_{m-1}} - \frac{i_m}{c^2_m - s^2_m} \right) \\ & \theta_m - \frac{j_m}{c^2_m - s^2_m} \theta_{m+1} + \frac{h_{m-1}}{c^2_{m-1} - s^2_{m-1}} \delta_{m-1} \\ & - \left(\frac{l_{m-1}}{c^2_{m-1} - s^2_{m-1}} + \frac{l_m}{c^2_m - s^2_m} - \frac{\rho_{bm}}{D} p^2 + \frac{B_m}{D} \lambda^4 \right) \\ & \delta_m + \frac{h_m}{c^2_m - s^2_m} \delta_{m+1} = 0 \quad (12) \end{aligned}$$

0 支承にては (11) (12) 式は次のごとくなる

$$\left(\frac{c_0}{c_0^2 - s_0^2} - \frac{T_0 \lambda^2}{D}\right) \theta_0 + \frac{s_0}{c_0^2 - s_0^2} \theta_1 + \frac{i_0}{c_0^2 - s_0^2} \delta_0 - \frac{j_0}{c_0^2 - s_0^2} \delta_1 = 0 \quad (13)$$

$$\frac{i_0}{c_0^2 - s_0^2} \theta_0 + \frac{j_0}{c_0^2 - s_0^2} \theta_1 + \left(\frac{l_0}{c_0^2 - s_0^2} + \frac{B_0 \lambda^4}{D} - \frac{\rho_{10}}{D} p^2\right) \delta_0 - \frac{h_0}{c_0^2 - s_0^2} \delta_1 = 0 \quad (14)$$

s 支承にては次のごとくなる。

$$\frac{s_{s-1}}{c_{s-1}^2 - s_{s-1}^2} \theta_{s-1} + \left(\frac{c_{s-1}}{c_{s-1}^2 - s_{s-1}^2} - \frac{T_s \lambda^2}{D}\right) \theta_s + \frac{j_{s-1}}{c_{s-1}^2 - s_{s-1}^2} \delta_{s-1} - \frac{i_{s-1}}{c_{s-1}^2 - s_{s-1}^2} \delta_s = 0 \quad (15)$$

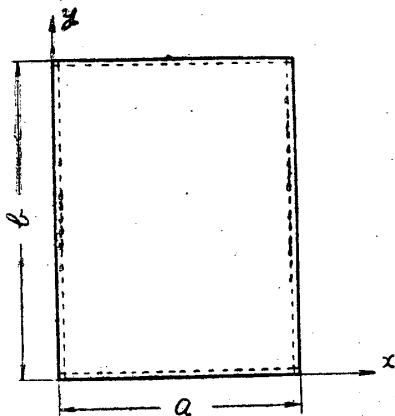
$$\frac{j_{s-1}}{c_{s-1}^2 - s_{s-1}^2} \theta_{s-1} + \frac{i_{s-1}}{c_{s-1}^2 - s_{s-1}^2} \theta_s + \frac{h_{s-1}}{c_{s-1}^2 - s_{s-1}^2} \delta_{s-1} - \frac{l_{s-1}}{c_{s-1}^2 - s_{s-1}^2} \delta_s - \left(\frac{\rho_{1s} p^2}{D} + \frac{B_s \lambda^4}{D}\right) \delta_s = 0 \quad (16)$$

(11)~(16) 式を各支承に適用すれば各支承の θ, δ の数即ち $2(s+1)$ 個の方程式を得る。これらの θ, δ の係数よりなる行列式 $\Delta=0$ とおけば振動数方程式を得る。これを普通の方法で解けば支承における撓み、撓み角、曲げモーメント、剪断力の連続条件として一つの支承につき 4 個の方程式を必要とし、従つて行列式の行と列の数が 2 倍になり非常な手数を要するわけである。

4. 数値計算例

支承部が撓む場合の解はその例がないようであるから以下解が求められている場合につき本方法で計算してこの公式の正しいことを検討してみる。ただし以下の計算はすべて $\nu=0.3$ として行う。

i) 単純板の場合 (第3図)



第 3 図

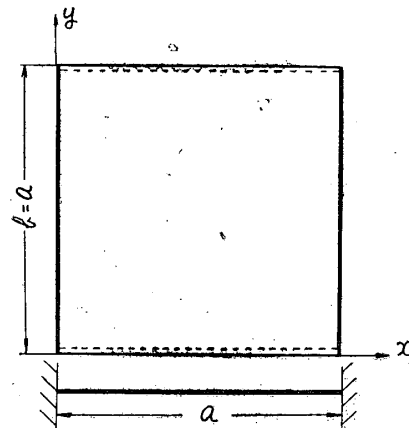
対称振動を考え (13), (15) 式にて $T_0=T_1=0, \delta_0=\delta_1=0, \theta_0=-\theta_1$ とおけば

$$c_0 - s_0 = 0$$

$$\therefore -a \cos a \sinh \beta a + \beta \sin a \cosh \beta a - a \sinh \beta a + \beta \sin a a = 0$$

いま簡単のため $a=b$ で最低次の p は $\pi^2 \sqrt{\frac{D}{\rho h}}$ (2) でこれは上式の最低次の根になっている。

ii) 2 辺固定矩形板の場合 (第4図)



第 4 図

最低次対称振動を考え (7) 式にて $\delta_0=\delta_1=0, \theta_0=\theta_1=0, M_{01}=-M_{10}$ とおけば

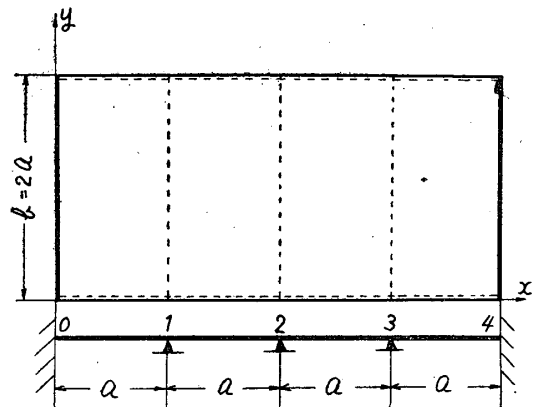
$$c_0 + s_0 = 0$$

$$\therefore -a \cos a \sinh \beta a + \beta \sin a \cosh \beta a + a \sinh \beta a - \beta \sin a a = 0$$

いま $p = \frac{\pi^2}{b^2} \sqrt{\frac{D}{\rho h}} \cdot z$ とおくと $z=2.94$ で上式を満足する。これはすでに求められた結果⁽⁵⁾ と一致する。

iii) 両端固定中間単純支持連続板の場合

(第5図)



第 5 図

最低次振動につき考え (11) 式にて $T_1 = T_2 = T_3 = 0, \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = 0, \theta_0 = \theta_4 = 0, \theta_1 = \theta_3$ とおくと

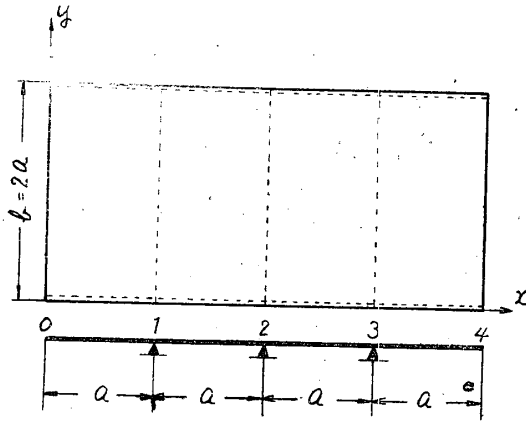
$$\left. \begin{aligned} 2c\theta_1 + s\theta_2 &= 0 \\ 2s\theta_1 + 2c\theta_2 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\therefore \Delta = 2c^2 - s^2 = 0$$

$z = 5.5$ で $\Delta = 3.38, z = 5.6$ で $\Delta = -0.84$ これより $\Delta = 0$ になる z を求めると $z = 5.58$ となり倉田氏の結果と一致する。

iv) 両端自由中間単純支持連続板の場合

(第6図)



第 6 図

最低次振動につき考える。(11)(13)(14)式にて $B_0 = B_4 = 0, T = 0, \rho_{b0} = \rho_{b4} = 0, \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 0, \theta_0 = \theta_4, \delta_0 = -\delta_4, \theta_1 = \theta_3$ とおけば

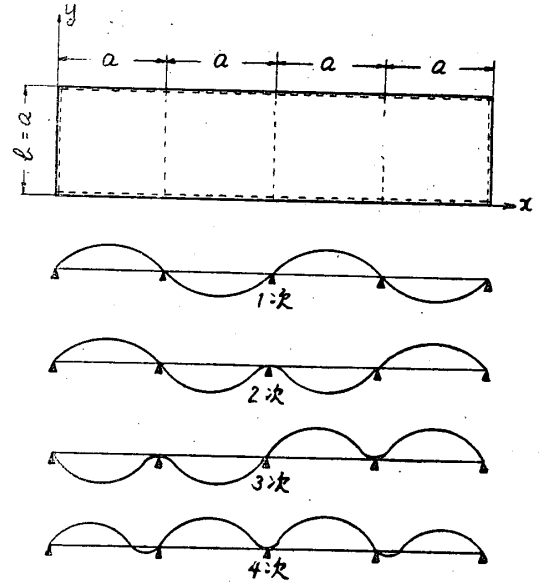
$$\left. \begin{aligned} c\theta_0 + s\theta_1 + i\delta_0 &= 0 \\ s\theta_0 + 2c\theta_1 + s\theta_2 + j\delta_0 &= 0 \\ ss\theta_1 + c\theta_2 &= 0 \\ i\theta_0 + j\theta_1 + l\delta_0 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\therefore \Delta = 2cl(c^2 - s^2) - c^2(2i^2 + j^2) + 2scij + s^2i^2 = 0$$

これを満足する z の値を求めると 1.95 となり倉田氏の値と一致する。

v) 全支承単純支持連続板の場合 (第7図)

(11)(13)(15) 式にて $T = 0, \delta = 0$ とおいて 1次から4次までの z の値を求めると (2), (2.1), (2.40), (2.75) となる。これ等の値はその振動の形より簡単に求まる。例へば3次振動に対しては $\theta_0 = -\theta_2 = \theta_4, \theta_1 = \theta_3 = 0$ より直ちに $c = 0$ の根を求めればよい。各振動形は第7図



第 7 図

のごとくなる。

以上のごとく一つの基本公式がそのままあらゆる支承条件に対して簡単に適用出来、振動の形を考えることにより直ちにそれに対応する振動数が求まる。なおこの方法は特に中間支承が撓む場合に従来の方法に比してその特長を発揮するものであるが、比較すべき適当な厳密解が見当らぬのでここでは省略する。

5. 結 言

以上のべたごとく撓角法によると従来の方法に比べて振動数行列式の行、列の数をいちぢるしく減少させるし、必要な函数値をあらかじめ計算しておくことによつて振動数を簡単迅速に求めうる。応用としては単桁よりなる道路橋の桁の振動数はこれを simple beam として計算したため床版の協力作用が無視され、また床版の振動数はその連続性と支承の撓みを考えないで求めて来たのに対し、本方法を用いたら合理的な解をうると考えられる。

また段階的に断面の変化する矩形板の振動や、円板に撓角法を拡張して変断面円板の振動等の解析に用いたらその効力を発揮するものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) 成岡 昌夫：土木学会論文集第4号 (1949)
- (2) 成岡, 米沢：土木学会誌 V.36 N.12 (昭26) V.37 N.1, N.4 (昭27)

- 米沢 博：土木学会誌 V.37N.5 (昭27)
 成岡 昌夫：土木学会誌 V.38N.7 (昭28)
 (3) Kurata, M.: Proc. of the First Japan
 National Congress for Appl.
 Mech. (1951)

- (4) (3)を参照
 (5) 妹沢 克惟：振動学上巻 P.138

ガラス生成反應に於ける数理統計的 考察 (第2報)

矢 田 部 俊 一

1. 粒子の度数分布

第1報に説明した実験に依り得られた粒子の
 度数分布を示す (窯業協会誌1950年6月)

a : 粒子の直径×50cm

f : aなる直径を有する粒子の数

SiO₂-Na₂O

(1) 400° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	計
f	6	23	51	157	170	163	142	88	66	12	878

(2) 400° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	4	22	82	212	188	180	122	80	54	11	7	967

(3) 400° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	8	30	106	201	188	162	118	65	50	11	7	946

(4) 600° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	7	20	62	166	169	160	137	101	55	13	6	896

(5) 600° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	12	16	47	174	198	168	152	84	63	13	7	934

(6) 600° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	8	40	84	180	178	170	120	68	36	5	6	965

(7) 800° C 6 hr

a	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	計
f	9	34	67	91	132	88	47	38	16	7	529

(8) 800° C 6 hr

a	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	計
f	9	34	67	91	132	88	47	38	16	7	529

(9) 400° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	8	19	53	143	162	172	138	89	58	16	13	875

(10) 400° C 6 hr, SiO-Na₂O

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	7	30	102	165	172	147	121	74	48	8	3	877

(11) 400° C 6 hr

a	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	16	48	125	127	171	138	99	75	21	9	829

(12) 600° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	3	24	66	147	164	166	121	71	37	20	5	824

(13) 600° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	11	31	95	118	132	135	97	56	26	14	3	718

(14) 600° C 6 hr

a	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	計
f	9	22	95	143	166	175	103	80	45	9	6	853