

大阪市立大学 正員 倉田 宗章
大阪工業大学 正員 岡村 宏一

1. まえがき 一般に構造物は平面及び線状の複雑な結合によって構成される場合が多く、簡易計算に見るべき様なこれらの構造要素の抜きこぎによる換算では断面力も正確に求められないものがある。既に各方面に於て構造の立体的解析が問題にされてきた電子計算機の発達により高次不静定構造と解く場合の計算努力は相当に軽減された。あるが、平面要素を含む立体構造のような場合は解法自体に未だ探究の必要が感ぜられる。このため既にその一般論として平板の解析において、内点に於ては平衡の微分方程式を満足しつつ境界条件の緩和と行ない未知数と著しく減少させた高精度と維持する近似解法を提案し2,3の平板問題に適用して充分な結果を得た⁽¹⁾。今回はその応用面と平板と平板との結合によって構成される立体構造に拡張し連続条件の緩和と行つて解法の有効性と検討しようとするものである。

2. 解法 解法の一例を示す。構造の一つの面要素を抽出し選んだ未知量として連続線に分布して作用する不静定モーメント M_ξ とする。(Fig.1) 次に連続条件と緩和するに

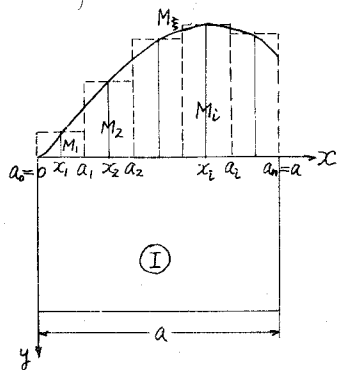
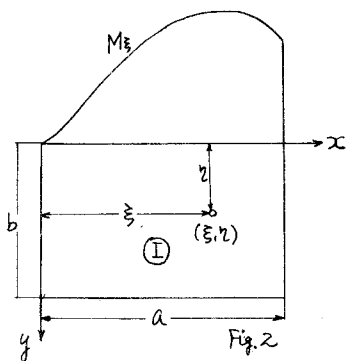
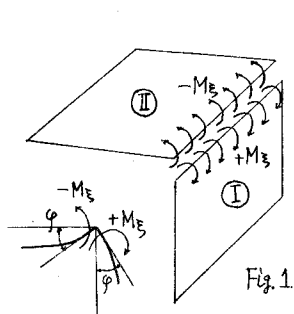


Fig.2に示す様に M_ξ と n 区間に階段状に変化して分布する n 個の平均モーメントに置き換えるものとする。境界上の選ばれた各点 $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ には夫々平均モーメントが作用するものとす。略述は次の通り。今この様に置き換えられたモーメントによって生ずる連続線上任意選定 $(x=x_i, y=0)$ の撓角 φ は次式で表はされる。

$$\varphi = \frac{\partial}{\partial y} \left[\sum_{i=1}^n \int_{a_{i-1}}^{a_i} M_{xi} \left(\frac{\partial W}{\partial \xi} \right) d\xi \right]_{x_i, y=0}$$

ただし (W) は板内任意点 (ξ, z) に unit load が作用した場合のたわみである。更に荷重によるたわみ角と電置し連続線上各選定の撓角の連続条件によって不静定モーメント M_ξ が求まる。又構造荷重が非対称な場合は構造要素の回転角を考慮しなければならない。この場合連続線の直線性が失はれるものとする。回転角に対応して境界線上に一定値の不静定分布モーメントと仮定する。又これに対応する条件として構造全体のあき P の切断線での剪断

力の総和の外力と釣合するのの方程式に附加する。例へば連続線 $y=0$ の剪断力の総和は

$$S = \int_0^a \left[\frac{\partial W}{\partial y} + (2-\nu) \frac{\partial W}{\partial x} \right]_{y=0} dx$$

である。是の平板構造のありに於ける方程式は

$\sum S = \sum P$ 但し $\sum P$ は切断線にて釣合する水平外力の総和
なる形に与えられる。

3. 計算例 上記の方法を用いて箱形壁体、門形壁体等の立体構造について計算を試みる。以下その一例を示す。

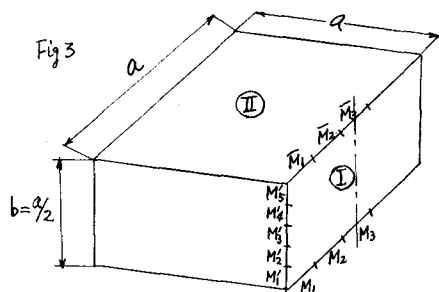


Fig. 3 に示す様な箱形構造の底部に固定する頂板に等分布重荷を受ける場合に就て計算する。連続線は5条として平均モーメントと仮定すれば対称性により図の如く M_1, M_2, M_3 の11ヶの不静定モーメント。仮定する平板①に於て連続線上各点間の中央に選ばれた選兵に対し次の様な収束の比較的速なためみ角の式が得られ又 Maxwell の影響数の関係も考慮すれば容易に平衡方程式表を作成出来る。

底辺の選兵に対するためみ角の式

$$\varphi_x = \sum_i \phi_i M_i + \sum_j \phi_j M_j + \sum_k \phi_k M_k$$

$$\begin{aligned} \phi_i &= \sum_{m=1,3,5} \frac{\pi}{16} \left[\phi'(\xi = \frac{x_i}{a}) - \phi'(\xi = \frac{x_i}{a}) + \frac{2}{m^2} \left(\coth \frac{m\pi}{2} - \frac{m\pi}{2} \operatorname{cosech}^2 \frac{m\pi}{2} \right) f(x_i) \right] \sin \frac{m\pi x}{a} \quad \text{但し } f(x_i) = \sin \frac{m\pi}{10} \sin \frac{m\pi}{a} x_i \\ \phi_j &= \psi_\lambda (\lambda = \xi + \xi) + \psi_\lambda (\lambda = \xi - \xi) \quad \psi_\lambda = \frac{\pi \lambda}{2} \left[1 - \log \frac{\pi \lambda}{2} - \frac{2^{2n} (2^{2n}-1) B_n (\frac{\pi \lambda}{2})^{2n}}{n(2n+1)!} - \dots \right] \quad B_n \text{ はベルヌーイ数 } \xi = \frac{x_i}{a} \\ \phi_j &= \sum_{m=1,3,5} \frac{\pi}{8m^2} \left(1 - \frac{m\pi}{2} \coth \frac{m\pi}{2} \right) \operatorname{cosech} \frac{m\pi}{2} f(x_j) \sin \frac{m\pi x}{a} \\ \phi_k &= \sum_{n=1,3,5} \frac{\pi^2}{8n} \left[\frac{1}{2} \tanh m\pi \frac{\operatorname{cosech} 2n\pi (\frac{1}{2} - \frac{x}{a})}{\operatorname{Coth} n\pi} - \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{a} \right) \frac{\sinh 2n\pi (\frac{1}{2} - \frac{x}{a})}{\operatorname{Coth} n\pi} \right] f(y_j) \quad f(y_j) = \sin \frac{m\pi}{10} \sin \frac{m\pi}{b} y_j \end{aligned}$$

頂辺の選兵に対するためみ角の式

$$\varphi_x = \sum_i \phi_i M_i + \sum_j \phi_j M_j + \sum_k \phi_k M_k$$

但し ϕ_i, ϕ_j, ϕ_k 等は相互作用の定理によつて ϕ_i, ϕ_j, ϕ_k を参照して直ちに得らる。

側辺の選兵に対するためみ角の式

$$\varphi_y = \sum_i \phi_i M_i + \sum_j \phi_j M_j + \sum_k \phi_k M_k$$

但し ϕ_i, ϕ_j, ϕ_k 等は相互作用の定理より ϕ_i, ϕ_j, ϕ_k を参照して直ちに得らる。又

$$\begin{aligned} \phi_i^y &= \sum_{n=1,3,5} \frac{\pi}{64} \left[\phi_i^y(\eta = \frac{y_i}{b}) - \phi_i^y(\eta = \frac{y_i}{b}) + \frac{2}{n^2} (\tanh n\pi + n\pi \operatorname{sech}^2 n\pi) f(y_i) \right] \sin \frac{n\pi y}{b} \quad \text{但し } f(y_i) = \sin \frac{n\pi}{10} \sin \frac{n\pi}{b} y_i \\ \phi_i^y &= \psi_\lambda (\lambda = \eta + \eta) + \psi_\lambda (\lambda = \eta - \eta) \quad \psi_\lambda = \frac{\pi \lambda}{2} \left[1 - \log \pi \lambda + \frac{1}{12} \frac{\pi \lambda^2}{2} + \dots + \frac{2^{2n} \times B_n}{(2n)!(2n+1)n} \left(\frac{\pi \lambda}{2} \right)^{2n} + \dots \right] \quad \eta = \frac{y_i}{b} \end{aligned}$$

頂板 II の選兵に於けるためみ角も同様に得る。荷重項は単純支持板のためみ角で与えられる。この問題に就ては既に精密解が得られており、本解と比較の結果極めて良好な精度を示し主要なモーメントの誤差は 1% 程度である。詳細は講演時申述べる。

- 1) A Method of Approximation of the plate problem. Kurata, Okamura, Memoirs, Eng. Osaka City Univ. Vol. 3.
- 2) Y. Tuboi: On the Bending of □-Shaped Walls. 建築学会論文集 Vol. 17 161