

中央大学理工学部 正員 竹間 弘
中央大学大学院 学生員 ○元島 三明

§ 1. はじめに

以前から平板構造解析における研究は数多くの人達によって、多種多様、広範囲にわたって行なわれて来たが、複雑な形状及び境界を持つ様な場合、一般に解析不可能とされてきた。しかしながら電子計算機の進歩と共に有限要素法による解析が飛躍的な発展をとり、大規模な解析が頻繁に行なわれる様になった。

ここに、Kaiser の実験結果等有限要素法による種々様々な解析解及びその検討がなされているが、四辺固定の正方形板による平板実験を行ない、その結果と有限要素法による解析解とを比較し検討する。

§ 2. 平板実験

平板実験は図1で示されている様に1メートル四方の正方形板を四辺固定し中央点に集中荷重が載荷される場合を行なう。

試験は各厚さが2ミリ、3ミリ、4ミリの板について3種類行ない、各場合においても更に微小たわみ弾性実験、大変形弾性実験、大変形弾塑性実験とに分けて行なう。

微小たわみ弾性実験とはたわみが板厚の $1/2$ 程度になるまでを指し、主に歪み分布、応力分布、曲げモーメント分布を求める。大変形弾性実験とは最大歪が 500×10^{-6} 程度になるまでを指し、主に中心のたわみ量を測定する。又、それ以上に載荷荷重を増し測定が可能なかぎりの範囲を大変形弾塑性実験と名づけ、主に塑性域の推移をとることになる。

ここで2ミリの試験板は自重によるたわみが $1/318$ に達し、載荷荷重がなくとも大変形領域にあるため、微小荷重による微小たわみ弾性実験を行なわず、大変形弾性実験、大変形弾塑性実験だけをを行なう事にする。

実験装置は図1、図2の如くであり、載荷装置は、小荷重の場合には直接板上に載荷し、大荷重の場合にはジャッキを作動させ、ロードセルで荷重量を測定し載荷を行なう。

又、測定機器には strain ガージ、及び歪ゲージを持ってたわみ量、及び歪量を測定する。

その結果の一部を図3、図4、図5、図6に示す。

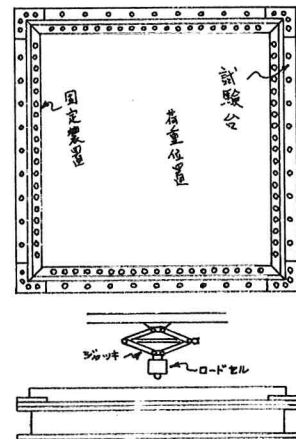


図 1. 実験装置略図

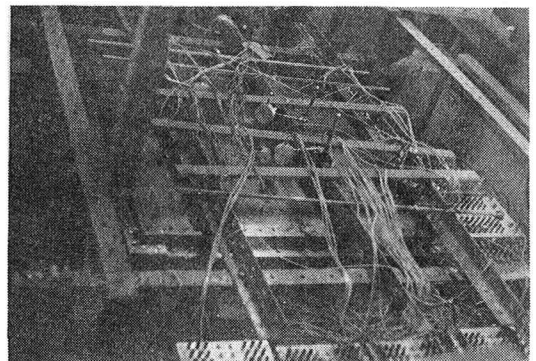


図 2. 実験装置及測定機器

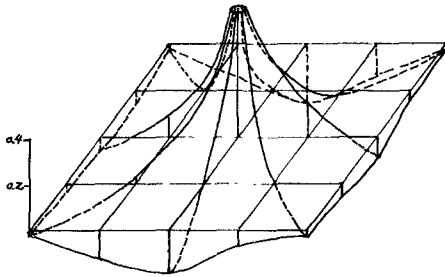


図3 モーメント分布図 (M_x)

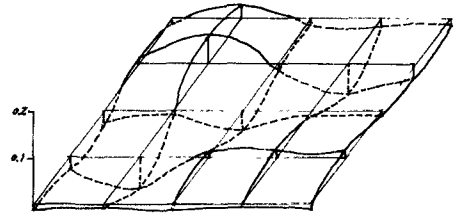


図4 ねじりモーメント分布図 (M_{xy})

§3. 有限要素法による解析

ここで解析を行なうのは K. Bell や J. H. Aggaris によって提唱されたもので、たわみの形状関数を

$$w = [1 \ x \ y \ x^2 \ xy \ y^2 \ x^3 \ x^2y \ xy^2 \ y^3] \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{Bmatrix} = w^T \phi \quad (1)$$

なる完全5次多項式と仮定する。

1から曲率ベクトルは

$$c = \begin{bmatrix} w_{,xx} \\ w_{,xy} \\ w_{,yy} \end{bmatrix} = P \phi \quad (2)$$

と表わされる。モーメントベクトルは

$$m = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{bmatrix} = -D c = -D P \phi \quad (3)$$

ここに弾性マトリックス D は均質等方性材料の場合

$$D = D \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

であり、 D は曲げ剛性である。

ここで一般化された要素剛性マトリックスは

$$k_s = \int_A P^T D P dA \quad (5)$$

で定義される。

節点パラメータと一般化されたパラメータ ϕ

との関係は

$$v = G^T \phi \quad (6)$$

であり、1から

$$\phi = (G^T)^{-1} v = B^T v \quad (7)$$

であり、求める剛性マトリックスは

$$k = B k_s B^T$$

であり、剛性方程式は

$$S = k v$$

を得る。この式に1で得られもので、

三角形曲げ要素が各頂点に6自由度の節点変位パラメータを持つものを [T-18]。更に各辺の中点に1自由度を持つ [T-21] と言われる方法とによって解析を試みる。

1から1から実験からわかる様に板の変形はすぐに幾何学的非線形を起す。この様な平板の大変形曲が解析を行なうために Newton-Raphson 法や増分法による解析法が以下に発表されている。

終りに本実験により多種多様なデータを得たが、その詳細及び検討は当日行ないます。

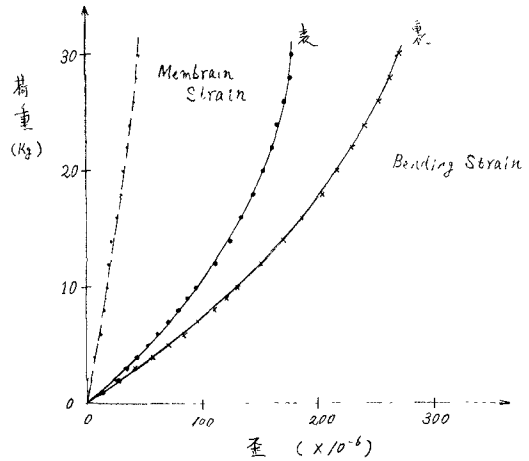


図5 中央点における荷重-変位図

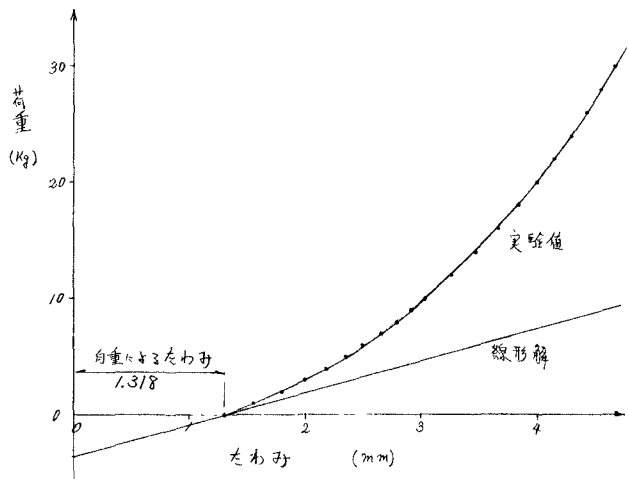


図6. 中央点における荷重-たわみ図