

圧縮試験時の球座の挙動に関する実験と考察

日本工芸学部 正員 ○北川 正幸
同上 正員 田野 久貴

1. まえがき

圧縮試験の際には一般に球座が用いられているが、これは偏心を除去する目的で使用されている。しかし、偏心問題と球座の挙動とを関連させて報告された例はない。一般に、球座を使用することによって偏心は十分除去され、影響はあってもごくわずかなと漠然と信じられているように思われる。本報告は、均一な材料と考えられる金属製円柱試験片等の圧縮試験によって、(1) 十分注意して行なっても偏心は生じること、(2) 偏心量は載荷初期には相当大きく、荷重の増加に伴って減少することなどを報告する。

2 実験による偏心量(e)の測定

試験片は十分剛な載荷板で曲げ圧縮を受けると仮定する。これは図-1に示すような歪分布となることを意味する。そこで、円柱試験片の同一横断面に於いた3点の歪の測定値より、最大歪 ϵ_{max} 、最小歪 ϵ_{min} 、及び平均歪 ϵ_0 を求めることができる(図-1)。これらを用いると偏心量 e は次式で計算される。

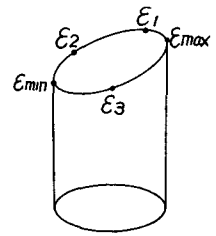


図-1

$$e = \frac{R}{4} \frac{\epsilon_{max} - \epsilon_0}{\epsilon_0} \quad (1)$$

ここに、 R は試験片の半径である。

(1)式によって得られた e の実験値を図-2に示す。図のように e は半径に伴い増加する。また、図-1に示すような歪分布と仮定すると、これを円柱側面に沿って展開した歪分布は円柱の場合 $\sin$ カーブとなる。この実験例を図-3に計算値と比較して示す。ほぼ一致していることがわかる。

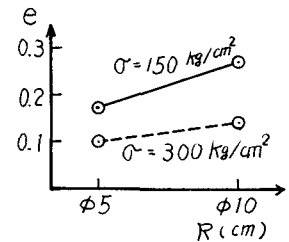


図-2

3. 考察

3.1 偏心量(e)の考察

面積 A なる断面を有する試験片が曲げモーメント M を受け下ろすとすると、

$$M = \int_A y' \sigma dA \quad (2)$$

一方、断面に作用する荷重 P は

$$P = \int_A \sigma dA \quad (3)$$

したがって、偏心量 e は次式で得られる。

$$e = \left(\int_A y' \sigma dA / \int_A \sigma dA \right) \quad (4)$$

一方、応力(歪)の勾配を a 、ヤング率を E とすると(4)式は次式となる。

$$e = (aE \int_A y'^2 dA / aE \int_A y' dA) = \left(\int_A y'^2 dA / \int_A y' dA \right) \quad (5)$$

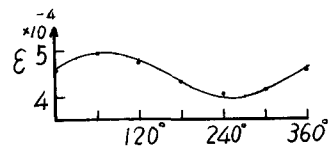


図-3 中央断面の歪分布

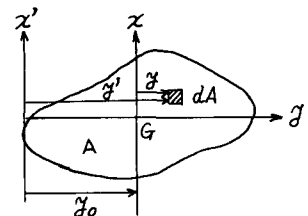


図-4

ここで、断面形状を対称とし、図心Gから表わした偏心量を e とすると、

$$f = \left(\int_A (y + y_0)^2 dA \right) / \left(\int_A (y + y_0) dA \right)$$

よって、

$$f = \left\{ I + y_0^2 A \right\} / y_0 A = \frac{W}{A} + y_0$$

$$\therefore e = f - y_0 = \frac{W}{A}$$

ここに、 I は図心軸に関する断面2次モーメント、 W は断面係数である。また、 (W/A) は断面板半径である。したがって、偏心量 e は断面板半径に比例することになる。円形断面の場合には

$$e = \frac{W}{A} = \frac{\pi R^3 / 4}{\pi R^2} = \frac{1}{4} R$$

となり、半径 R に正比例することになる。

3.2 偏心量(e)と荷重(P)の関係

圧縮力 P と曲げモーメント $M (= Pe)$ を受ける弾性体の歪エネルギー U は、これが高さ h 方向に一様であるとする、

$$U = \frac{P^2 h}{2 E} \left(\frac{1}{A} + \frac{e^2}{I} \right)$$

で示される。(10)式は e の単調増加関数であるから、 $e=0$ のとき U は最小となる。すなわち、偏心圧縮は均一圧縮に比べてより歪エネルギーの大きな不安定な状態にある。したがって、偏心が除去されるような条件(例えば球座)下にある場合にはこれを減じ、より小さな歪エネルギーを取り得るような経路を経て弾性体は変形する。この経路に従って増加する歪エネルギー関数を $W = W(P, e)$ とし、これを図示したものが図-5である。すなわち、 W は U, P, e 空間の曲面の上に示される。その一部を図-6に取り出して示す。 W が AB の経路を取るとは偏心量 e 一定のまま荷重が ΔP だけ増加することであり、最もエネルギーの高い状態をとることになる。 P 及び e 一定の曲線が明らかに斜交するから、ここで W は次のステップへの最短距離 $\overline{AC}$ を経る。したがって、この W を P と e 面に正射影したものは初期偏心量 e_0 より e の負の向きに凸な P に関する減小関数となる。図-7にこの実験結果を示す。

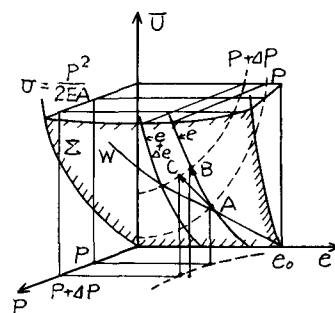


図-5

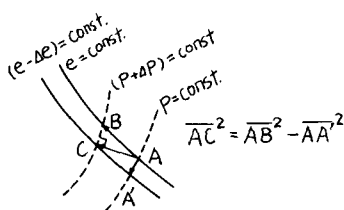


図-6

4. まとめ

- (1) 圧縮試験において、偏心を完全に除去することは困難である。
- (2) 偏心は荷重増加に伴い球座により減小する。
- (3) 半径の小さいものほど偏心率が大きい。

(1) Gusthiewicz, J.: Uniaxial Compression Testing of Brittle Rock Specimens

with Special Consideration given to Bending Moment Effects, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 12

図-7 $e/R - \sigma$ (1975)

