

(202) 予変形材の降伏条件式

名古屋大学工学部

戸澤康寿<sup>○</sup> 白井久雄

1. はじめに

種々の材料に引張や圧延などの予変形を与え、その降伏曲面を測定した結果、Edelman & Drucker<sup>(1)</sup> や吉村<sup>(2)</sup>の式のように、降伏条件式には降伏曲面の形状変化とパウミンカ効果と大きさの変化を含まなければならないことが明らかとなった。しかし、形状変化を起す主要因は過剰硬化因子 $K$ <sup>(3)</sup>であり、その分布は多くの場合偏差応力場において正弦曲線に近い分布を示すことが見出されたので、この事実を考慮して予変形材に対する降伏条件式を提案する。

2. 降伏条件式の提案

偏差応力場において予変形応力ベクトル方向を $\alpha=0^\circ$ とし、反時計回りに応力ベクトルの回転角 $\alpha$ をとると、提案する降伏条件式は  $\bar{\sigma}_\alpha = A + B \cos \alpha + C \cos 2\alpha$  —— (1) で表わされる。 $\bar{\sigma}_\alpha$ は座標原点から降伏曲面までの距離で、Mises型の等方性材料では相当応力と一致する。式(1)によれば降伏曲面の大きさ、パウミンカ効果、および形状変化はそれぞれ係数A, B, Cによって表わされる。パウミンカ効果の影響は降伏曲面の移動で表わしているものが多いが、 $B \cos \alpha$ の形で表わした場合には、移動で表わしたものとほとんど一致する。Cは過剰硬化因子Kの定義により、 $C = -\bar{\sigma}_{\alpha=0} \cdot K / (1 - \cos 2\alpha)$ で表わされる。Kの分布はほぼ $(1 - \cos 2\alpha)$ 曲線に近いのでCを $\alpha$ に関し定数とみることが出来る。係数A, B, Cは任意に選んだ3つの応力比で負荷した時の降伏応力から定められる。

3. 実験結果との比較

係数A, B, Cを決定するために、簡便な試験法である1軸の引張および圧縮試験の結果を用いる。

20%引張予変形を受けた低炭素鋼について図1に示す。係数を $\alpha = 0^\circ, 60^\circ, 180^\circ$ と $\alpha = 0^\circ, 120^\circ, 180^\circ$ の2通りの試験値から決めた式(1)の曲線と、同じ試験値を用いて吉村の式で計算した曲線とを実験結果と比較してある。式(1)の方が吉村の式よりよく一致し、また $\alpha = 60^\circ$ の試験値を用いた方がよいことが示されている。なお、係数を求めるための手間や計算は吉村の式などに比較し非常に容易である。

40%圧延予変形を受けた黄銅の降伏曲線を示した図2によれば、 $\alpha = 30^\circ, 90^\circ, 150^\circ$ における試験値を採用した場合、式(1)は実験結果と極めてよく一致している。

4. まとめ

予変形材の降伏条件式を予変形応力ベクトルに対する応力ベクトルの回転角により簡単な三角関数で表わした。偏差応力場以外の応力場に対しては座標変換により拡張できる。降伏条件式中の係数は1軸の試験値により容易に決定でき、実験結果をかなり正しく表現できる。

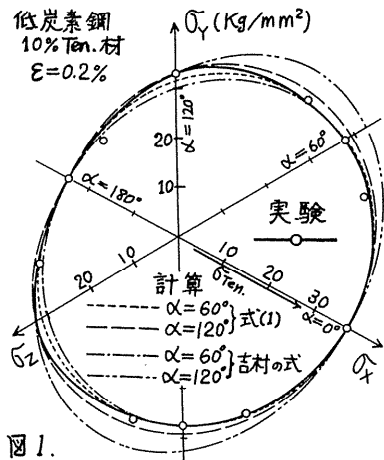


図1.

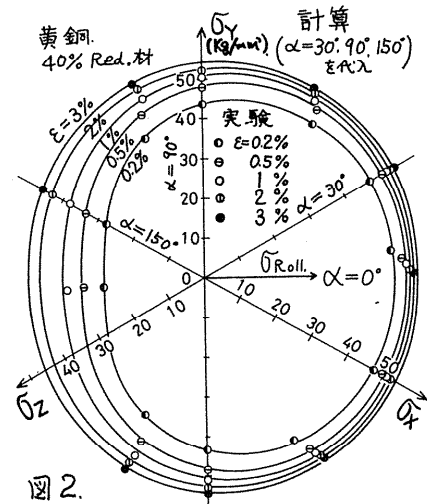


図2.

(1) F. Edelman & D.C. Drucker: J. Franklin Inst. 251(1951), 581 (参考文献)  
 (2) 吉村: 塑性力学 (共立出版, 応用力学講座, 1957)  
 (3) 戸澤, 白井: 昭48年春塑加連講論(1973), 293