

複合負荷試験機の開発と成形限界応力線のひずみ経路依存性の研究

Development of combined loading test apparatus for checking the path-dependence of forming limit stress curve

桑原 利彦 Toshihiko Kuwabara

工学研究院 先端機械システム部門 教授

Professor, Division of Advanced Mechanical Systems Engineering,

Institute of Engineering

研究領域：製造技術

Keywords: plasticity, sheet metal, combined loading, forming limit stress, forming limit strain

URL : <http://www.tuat.ac.jp/~kuwabara/>



Point

- ・ 第1工程と第2工程で板材に異なる変形モードを付与することで、除荷を含まない二段階負荷経路を再現できる複合負荷試験機を開発。さらに異方性降伏関数を用いた数値解析により成形限界応力線 (FLSC) を算定し、FLSC はひずみ経路に依存しないことを立証した。
- ・ A double-action punch-stretching test apparatus that is capable of applying combined strain paths to sheet metals without intermediate unloading has been developed. The forming limit stresses calculated from the combined strain paths have almost coincided with those determined for linear strain paths.

1. 研究（技術、開発）の概要

Fig. 1 に示す複合負荷試験装置を開発し、1工程および2工程張出し試験を行い、線形及び複合負荷経路における成形限界線 (FLC) を測定した。線形負荷経路における FLC 測定試験では直径 100mm の円筒パンチを用いた。複合負荷経路 (2 工程張出し試験) は、第1工程では、直径 180mm の円筒パンチにより供試材に等二軸引張予ひずみを付与する。続く第2工程では、小型パンチ (15mm×84mm×先端半径 7.5mm) により試験片中心部を平面ひずみ引張状態とする。以上により、除荷を含まない複合負荷経路を再現した。

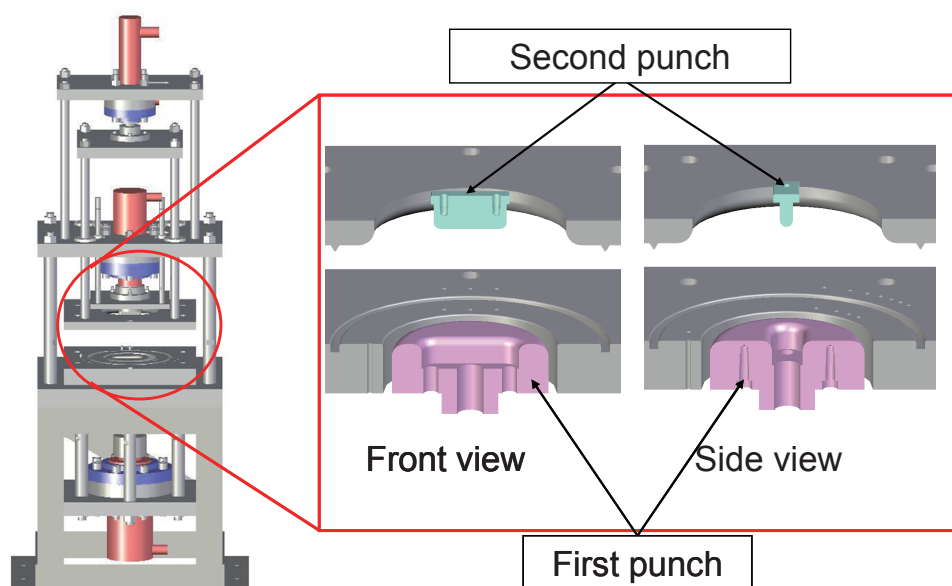


Fig. 1 Combined loading test apparatus and schematic illustrations of combined loading test

成形限界ひずみの測定結果をFig. 2右に示す。○は線形負荷経路，■，■は複合負荷経路における測定値である。後者では，第1工程で円筒パンチを40および60mm上昇させて等二軸予ひずみを付与した後，第2工程において平面ひずみ張出し成形して成形限界ひずみを測定した。それらは線形負荷経路におけるFLCよりも明らかに小さいことから，FLCのひずみ経路依存性が確認された。

線形負荷経路における成形限界応力線（FLSC）および複合負荷経路における成形限界応力をFig. 2左に示す。等方硬化理論に基づく複合負荷時の成形限界応力の計算値（■，■）は線形負荷時のそれ（+）に概ね一致している。これより，FLSCがひずみ経路に依存しないと仮定して，複合負荷経路における破断応力を数値計算で予測することは，実用上有用であることが確認できた。

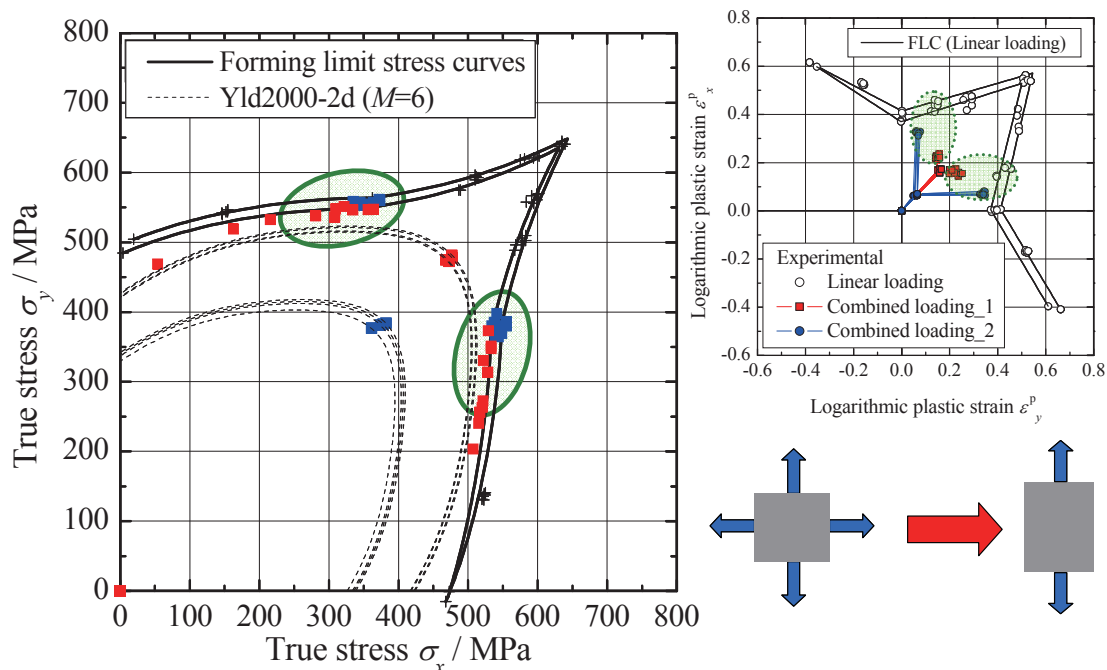


Fig. 2 Forming limit stress curve (left) and forming limit curve (right) for cold rolled steel sheet^{1,2)}

2. 研究（技術、開発）の独創性

複合負荷試験機を開発し，線形および複合負荷経路における板材の成形限界ひずみを測定し，成形限界線（FLC）のひずみ経路依存性を確認した。さらに異方性降伏関数を用いた数値解析により成形限界応力線（FLSC）を算定した。結果，FLSCはひずみ経路に依存しないことが確認でき，複合負荷における板材の成形限界予測手法としてFLSCの有用性を立証した。

3. 今後の展開

さらに様々な複合負荷経路を再現すべく金型形状を工夫する。本試験法を高張力鋼板に適用する。

4. 関連資料・文献・参考事項

- 1) Yoshida, K., Kuwabara, T., Effect of strain hardening behavior on forming limit stresses of steel tube subjected to nonproportional loading paths, Int. J. Plasticity, **23-7** (2007), 1260-1284.
- 2) 菅原史法・桑原利彦・埜本直生・柳直樹：成形限界応力線を用いた複合負荷を受ける板材の成形限界予測，平成22年度塑性加工春季講演会論文集，(2010)，39-40.
- 3) Sugawara, F., Yoshida, K., Kuwabara, Taomoto, N. and Yanagi, N.: Forming limit prediction of sheet metals subjected to combined loading using forming limit stress curve, Proc. AMPT 2010, (2010), October 25-27, 2010, Paris, France.