鋼板の打抜き解析精度に及ぼす解析条件の影響

Effects of Analysis Conditions on Precision for Blanking Press Analysis of Steel Sheet

学 ○中野裕文 (富山県立大学・院)

松井裕明 (田中精密工業)

正 森 孝男 (富山県立大学・工)

Hirofumi NAKANO, Toyama Prefectural University, Kurokawa, Imizu-shi, Toyama
Hiroaki MATSUI, TANAKA SEIMITSU KOGYO CO., LTD, Shinjyo, Toyama-shi, Toyama
Takao MORI, Toyama Prefectural University, Kurokawa, Imizu-shi, Toyama

Key Words: Blanking Press Analysis, Steel

1. 緒言

自動車部品は、打抜き加工で製造されることが多く、薄鋼板を打抜いた後、そおれらを重ね、かしめ接合により組み立てる場合がある。このような場合、薄鋼板の打抜き部分の形状や寸法がかしめ接合に影響を及ぼす。そのため、有限要素法解析で打抜き形状が予測できれば、ポンチとダイのクリアランスなどの打抜き条件を求めることが可能となる。

本研究は、有限要素法解析により最適な打抜き条件を求めることを目的とする。本報告では、その第1ステップとして、単純な薄板鋼板モデルの打ち抜き解析を行い、要素の破壊条件や要素分割が解析精度および解析時間に及ぼす影響を検討する。

2. 解析方法

2-1 解析モデル

本研究では、最も単純な円板の打抜き解析を行う。解析は軸対称問題として、打抜き部の解析モデルを Fig.1 に示す。解析モデルは、薄鋼板、ポンチ、ダイ、ホルダーからなる。薄鋼板の板厚は 0.2mm、ポンチ半径が 0.55mm、ポンチとダイのクリアランスが 0.005mm である。解析モデルの要素分割図を Fig.2 に示す。メッシュサイズはポンチ、ホルダー、ダイは 0.05mm、シートの打抜き部（クリアランス部）は 0.001mm、シートのそれ以外の部分は 0.025mm とした。当初、打抜き部近傍を 0.001mm の要素分割としたが、打抜き時のき裂進展が薄鋼板の中心部へ向かってしまうため、打抜き部のみを細分割した。ポンチ、ホルダー及びダイは剛体とした。

2-2 解析条件

解析には汎用有限要素法ソフト LS-Dyna を用いた。薄鋼板

Fig.1. Analysis model.

の材料特性は、縦弾性係数を 206 GPa、質量密度を 7800 kg/m³、ポアソン比を 0.3 とし、降伏応力を 380MPa、降伏後の応力-ひずみ関係を Fig.3 に示す直線とした。ポンチ、ホルダー、ダイと薄鋼板の間で接触を考慮した。解析時間は 1.0e-05 秒であり、ポンチの速度は解析開始から解析終了まで 3000 mm/s で一定とする。

打抜きによるき裂発生は、アダプティブメッシュによる方法、要素を消去する方法を用いたが、アダプティブメッシュによる方法では、要素再分割によって節点の位置が乱れ、解析結果として適切な結果が得られなかった。そのため、まず、要素の相当塑性ひずみの値が限界値になったときに要素を消去する方法で行った。この限界相当塑性ひずみを $\varepsilon_{cr}=0.1, 0.5, 1.0$ の3通りとし、破断形状、き裂進展の様子、相当応

Fig.2. Mesh model.

Fig.3. The relationship between Equivalent stress and Equivalent plastic strain.

力、塑性ひずみなどについて検討する。

3. 解析結果と考察

解析結果の一例として、Fig.4, Fig.5, Fig.6 にそれぞれ限界相当塑性ひずみが $\varepsilon_{cr}=0.1, 0.5, 1.0$ の場合の打抜き部近傍の相当応力分布とき裂進展状況を示す。図中の矢印はき裂が進展している方向を表している。また、各図において、図(a)は破断前、図(b)は破断後を示している。

Fig.4においてき裂は、はじめに右上と左下から進展する。しかし、き裂の進展とともに、上方、下方のき裂とも、打抜き部において、き裂発生位置と反対側に達し、鋼板中央部ではき裂が水平になり、その近傍の要素も消滅し、穴が空いている。このき裂進展による破断状況は実際の破断とは異なる。Fig.5においてき裂は、左上と右下よりき裂が上下方向にまっすぐ進展する。そして中央部付近でき裂が階段状に進展し、破断に至る。この場合の破断状況は実際とは一致しないが、 $\varepsilon_{cr}=0.1$ に比較すると実際の破断状況に近い。Fig.6において、結果はFig.5と同様な結果が得られた。しかし、 ε_{pl} が0.1から1.0になるにつれて計算時間は遅くなる傾向がみられた。

Fig.7に、当初行った打抜き部近傍を細分割したモデルの解析結果の一例を示す。図中の矢印はき裂の伝わる方向を示している。このモデルの問題点は、ポンチの下にき裂が進展

することである。このようにき裂が進展する原因としては、ポンチ角部直下では、せん断応力とともに圧縮応力が作用し、相当塑性ひずみが大きくなるためではないかと考えられる。

また、ポンチの下部への移動に伴い、き裂の右側の破断面がポンチの角により削られてしまう。このモデルの要素数は約44000であったのに対し、打抜き部のみを細分割する現行モデルは約4000であるため計算時間は約45/1になっている。

Fig.8は、限界相当塑性ひずみに対するポンチ反力の最大値を示す。限界相当塑性ひずみが $\varepsilon_{cr}=0.5, 1.0$ の場合は、限界相当塑性ひずみ $\varepsilon_{cr}=0.1$ に比べてポンチ反力の最大値が高く、193N となっている。解析開始から約 $4.0e-08$ s 後にポンチ反力は最大となる。

4. 結言

有限要素法解析により最適な打抜き条件を求めることを目的とし、その第1ステップとして、単純な薄板鋼板モデルの打ち抜き解析を行い、要素の破壊条件や要素分割が解析精度および解析時間に及ぼす影響を検討した。その結果、アダプティブメッシュを用いたき裂進展法では再分割した要素の乱れが大きく、適切な解が得られず、相当塑性ひずみが限界値に達したときに要素を消滅させるき裂進展法が適していることを得た。要素を消滅させるき裂進展法では、限界相当塑性ひずみ $\varepsilon_{cr}=0.1$ のときは、破断状況が実際と異なるが、 $\varepsilon_{cr}=0.5$ では実際にやや近いものとなった。さらに、打抜き部の破断形状を実際と近づけるには、打抜き部の要素サイズをさらに細かくした場合について検討を進める必要がある。

参考文献 省略

Fig.4. Condition of crack propagation. ($\varepsilon_{pl}=0.1$)

Fig.5. Condition of crack propagation. ($\varepsilon_{pl}=0.5$)

Fig.6. Condition of crack propagation. ($\varepsilon_{pl}=1.0$)

Fig.7. The failed analysis result.

Fig.8. The relationship Load and Equivalent Plastic Strain.