

水中衝撃波によるステンレス鋼板の爆発成形

日高到洋¹⁾ 前原弘法²⁾ 三原敬之³⁾ 伊東 繁⁴⁾

1)熊本大学大学院 自然科学研究科 博士前期課程 2)熊本大学大学院 自然科学研究科 博士後期課程

3)熊本大学 工学部知能生産システム工学科 4)衝撃極限環境研究センター

1、 目的

爆発成形法は、金属板や管などの試料に衝撃エネルギーを負荷することで塑性変形させ、所定の形に成形する加工法である。本研究では、爆発成形法を用いて難加工材料の衝撃張出し成形を行うことで成形性の向上を図るとともに、成形品の材料特性を解析する。成形材料としてステンレス鋼（SUS304）を選定し、静的なプレス成形法以上の成形量を得ることを目的として取り組んでいる。230mm×230mmのステンレス板を爆発成形時においてFLD法によりひずみを測定すると同時にシャドウグラフ法により光学観察を行い、これとLS-DYNAを用いた数値解析シミュレーションとを比較することによりステンレス板に作用している圧力を予測した。現在は、660mm×660mmのステンレス鋼板を用いて、最大190mm程度張り出すことを目標としている。本実験ではこの660mm×660mmのステンレス板を大面積、230mm×230mmを小面積としており板厚は1.5mmである。

2、 実験および実験結果

2-1. 小面積ステンレス鋼板の光学観察およびFLD法によるひずみ測定

小面積ステンレス鋼板に直径10mmのスクライブドサークルを印刷（図1）し、爆発成形を行った後このサークルの伸びを計測している。この伸びを計測することにより

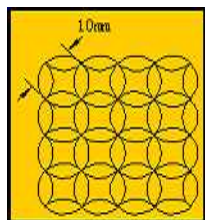


図1 スクライブドサークル

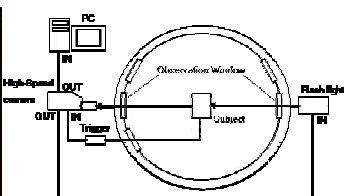


図2 実験配置図

ステンレス板の部位による伸びを計測することができ、大面積ステンレス板においても伸びが同様に起ると考えた。また同時にシャドウグラフ法と呼ばれる方法で爆発時

における変化の様子を高速度カメラ（HPV-1）にて光学観察を行った。シャドウグラフ法とはカメラとは反対側からフラッシュをかけることにより空気や水中の密度変化や、板の変化の様子を影としてカメラやフィルムに投射する方法である。実験時の配置を図2に示す。実験後回収した試験片のFLDを計測すると小面積板の頂点において最小値であり、円周部で最大値であった（図3）。このことにより頂点付近は伸び



図3 小面積ステンレス板実験結果

難しく、円周部付近で伸びやすいことが分かる。また変形時の様子を次の図4に示す。

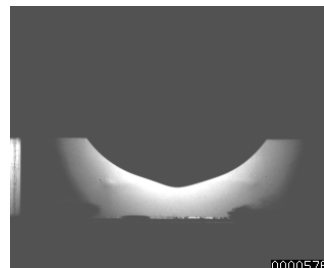


図4 変化の様子

図4は変形時の様子を横から撮影したものである。周囲に見られる靄状の影は爆発時に発生したガスである。

2-2. 小面積ステンレス板の爆発成形シミュレーション

数値解析シミュレーションをLS-DYNAを用いて行った。作成するモデルを2次元としている。概略図を次の図5に示す。



図5 2次元モデル

解析はLagrangian法とEuler法とを組み合わせて行うArbitrary-Lagrangian-Eulerian(ALE法)である。解析結果は次の

図 6 である。

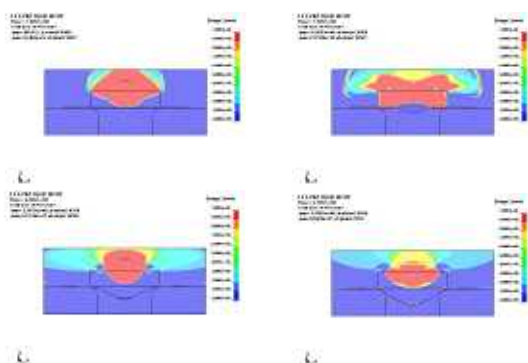


図 6 圧力分布

2-1 にて撮影したシャドウグラフ写真と比較したところ良好な結果が得られた。

2-3. 大面積ステンレス板における爆発成型

大面積ステンレス板の実験を行うに当たり新たに大型の台座を製作した。その概略図および実験時の状態を次の図 7 に示す。

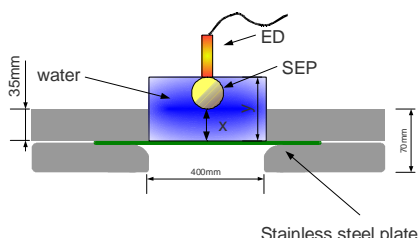


図 7 実験装置概略図

爆薬は旭化成ケミカルズ製 SEP を用いて行う。全て薬量は 80g とした。予備実験で 60g ~ 100g まで薬量を変えて行った結果 80g の時に成型体が良好な結果を得られたためである。表 1 に実験条件および実験結果を示す。

表 1 実験結果および実験条件

| Plate No. | of explosion | SEP(g) | Depth(mm) x | Water level (mm) y | Bulge Height (mm) |
|-----------|--------------|--------|----------------|-----------------------|----------------------|
| No.1 | 1 | 80 | 50 | 90 | 135 |
| | 1 | 80 | 50 | 90 | 145 |
| No.2 | 2 | 80 | 70 | 110 | 210 |

No.1 は一度だけ起爆し、No.2 はステンレス板に二度衝撃波を与えた。No.1 および No.2 の一度目の衝撃波付加後その張り出し量を比較したところ 10mm ほど誤差があるもののほぼ同じ深さであることが分かる。このことから再現性が確認できるが今後追

加実験を行い確認しなければならないと思われる。No.2 の実験より目標である 190mm の張り出し量を超える 210mm の成型体を得られたが図 8 に示すように円周部に皺が発生している。



図 8 No.2 プレート

これは一度目の衝撃波の時点でステンレス板にひずみが発生し、台座の間に隙間が生じゆるんだ影響で、2 度目の衝撃波付加の際にはステンレス板の引き込みが大きくなり皺を作ったと考えられる。

3. まとめ

大面積の張り出し成形が可能になったことが分かった。今後、板厚の変形様式の定量化(FLD、板厚、歪み測定、張り出し形状)と変形挙動の定量化(歪み速度、作用圧力)と変形機構の解明(断面硬度、金属組織観察)を行う予定である。また 2-3 にて行った実験の結果、皺の発生に大きく影響しているのはステンレス板の引き込みであるためこれを改善しなければならない。改善策として板自体に穴を開け固定する方法を検討している。

参考文献

高山 和善, 衝撃波ハンドブック, シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社, pp844, (1995)