

溝を有する飯碗の落下試験シミュレーション

横山 哲也 伊藤 正剛* 横山 貴広*

Simulation of Drop Test for Rice Bowl with Slot

Tetsuya YOKOYAMA Sadataka ITO Takahiro YOKOYAMA*

あらまし 高齢者の感覚や身体特性を考慮した人に優しい陶磁器製品の開発において、落下時の割れを誘導する飯碗の研究開発を行っている。本報では落下衝撃時に、溝がある飯碗と溝がない飯碗とで応力の比較を行うため、落下シミュレーションを行った。その結果、割れを誘導する溝近辺では、割れを誘導する溝がない飯碗より応力が高くなることを確認した。

キーワード 落下試験, CAE

1. はじめに

高齢者の感覚や身体特性を考慮した人に優しい陶磁器製品開発を目的に、伊藤らは割れても後片付けしやすい飯碗の研究開発を行っている^[1]。飯碗の側面に溝を彫りこむことで、落下時の割れを誘導する仕組みであり、割れ誘導線の本数に応じて破片形状がどのように変化するか、落下試験を行い、その傾向を解析している。

陶磁器の破壊は脆性破壊が主であり、最大主応力が引張り強度を超えることで初期亀裂が生じ、亀裂が進展する。割れ誘導線を設計するにあたり、落下時の応力分布を把握することは重要なことである。そのため、落下時の飯碗のひずみを測定することは、割れ誘導線を設計にあたり必要な過程となる。しかしながら、落下試験の歪を測定するのは計測上困難である。そこで本報ではCAEソフトを用いて、割れ誘導線を有する飯碗の落下シミュレーションを行い、割れ誘導線と最大主応力の関係を求めた。

2. 解析方法

2. 1 飯碗の形状および材料

図1に飯碗の形状を示す。飯碗の縁の直径は120[mm]、高さは65[mm]、厚みは4[mm]であり、飯碗の側面には割れを誘導するための溝が鉛直方向と水平方向に彫られている。溝の深さは厚みの1/2で、溝幅は3[mm]である。

飯碗の材料物性値はヤング率 $7.7E10$ [Pa]、ポアソン比0.174、密度 $2,450$ [Kg/m³]の純物質とした。

2. 2 落下試験条件

図2(a)に示すように、飯碗を高さ70[cm]の位置から剛体の床に落下させる。この時、飯碗の縁が床での打点となるように、45°の傾斜をつけ落下させる。また、図2(b)に示すように、割れ誘導線間が打点となるように飯碗の姿勢を決めた。

2. 3 解析条件

使用する商用CAEソフトはSolidWorks Simulation 2010で、有限要素法を用いて飯碗の動特性を計算する。飯碗

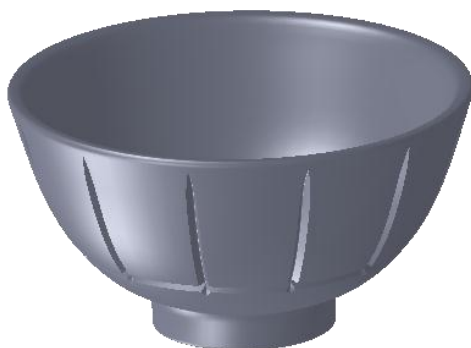
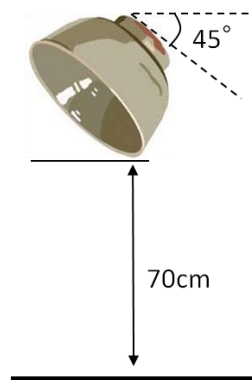
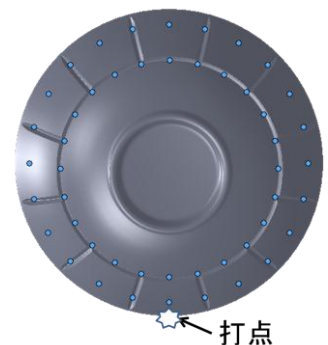


図1 割れ誘導線を有する飯碗



(a)落下試験条件



(b)応力算出箇所(12本)

図2 解析条件

* 岐阜県セラミックス研究所

の変形は微小であることから、線形の有限要素法を利用する。有限要素は2次の4面体として、メッシュ形状が計算結果に与える影響を抑えた。また、要素サイズは飯碗の厚みの半分を目安に平均2[mm]とした。解析時間は飯碗が床に衝突してから1[msec]の間とする。なお、シミュレーションの1周期はクーラン条件から算出した。

シミュレーションを用いて、割れ誘導線の有り無しの飯碗で応力の比較を行うことから、同じ箇所の応力を測定する必要がある。そのため、応力を測定する箇所は、溝形状の影響を受けない内側とする。図2(b)は割れ誘導線12本の飯碗外側の形状であるが、応力測定箇所は○で示す割れ誘導線近辺(裏)と、割れ誘導線間の15°刻みとした。

3. 解析結果

割れ誘導線の有無による飯碗に働く最大主応力を比較する。まず、割れ誘導線が12本の飯碗と、割れ誘導線がない飯碗(以下、割れ誘導線0本)で、最大主応力の比較を行った。図3, 4に、打点から75°までの縁部近くに働く最大主応力の時系列データを示す。割れ誘導線12本を実線、0本を破線で示す。割れ誘導線間では12本、0本での応力の差はないが、割れ誘導線裏側では、応力の増加が認められる。また、縁部近くの割れ誘導線裏側すべてで応力は増加していた。なお、腹部の最大主応力は、縁部に比べて小さい値であった。

割れ誘導線12本を有する飯碗落下試験シミュレーションの最大応力分布図(衝突後200[usec])を図5に示す。応力の大きさをグレースケールで表示し、応力が高くなると色が濃くなる。図から、打点とその近くの割れ誘導線および打点から135°にある割れ誘導線近辺の応力が高いことがわかる。135°の応力が高くなるのは、飯碗の形状に関係があると推測される。

次に割れ誘導線16本と0本の飯碗の比較を行った。傾向としては12本と同様であるが、一部、縁の割れ誘導線裏側において応力の増加がない箇所が存在した。これは左右反対側においても同様な傾向が見られたことから、形状に依存するものと考えられる。

4. まとめ

本報では、落下時の割れを誘導する飯碗の割れ誘導線を設計するにあたり、落下時の応力分布を把握するため落下衝撃シミュレーションを行った。その結果、割れ誘導線を有する飯碗は、溝がない飯碗と比較して、割れ誘導線近辺で応力が増加することを確認した。しかし、全ての誘導線近辺では応力が増加しておらず、それは誘導線を含めた全体形状に依存しているものと考えられる。

今回は、落下試験時のひずみ計測が難しいことから、CAEを用いてシミュレーションを行った。シミュレーシ

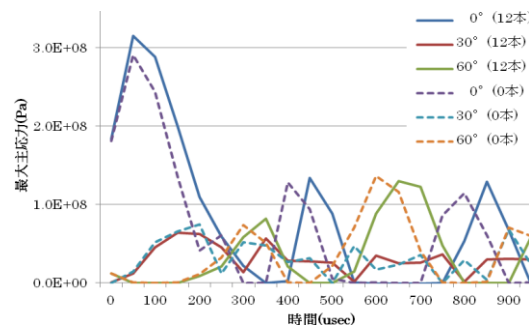


図3 割れ誘導線間(0°, 30°, 60°)の最大主応力

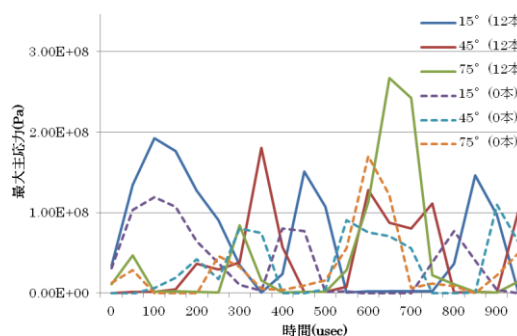


図4 割れ誘導線裏(15°, 45°, 75°)の最大主応力



図5 落下時の応力分布(衝突後200[usec]後)

ョン結果の検証について、通常は簡単なモデルに置き換えて理論式の結果と比較して行うが、今回のケースは拘束箇所がなく衝撃荷重がわからないことから検証はできなかった。ただし、今回の解析は傾向を把握するには目的を達していると考えられる。

今回のシミュレーションは材料が破壊しない前提での応力を測定したものであり、亀裂の進展まで推定することはできない。今後は、亀裂の進展まで考慮したシミュレーションが必要となる。

文 献

- [1] 伊藤正剛ら, “岐阜県セラミックス研究所研究報告”, p13-15, 2010.