3305 梁部に空かを有するスナップフィットの最適形状

Optimal Configuration of Snap-Fit with Hole in a Beam

正 綿貫 啓一 (埼玉大・工) ○ 学 藤田 寛 (埼玉大・院)

Keiichi WATANUKI, Saitama University, 255 Shimo-okubo, Saitama-shi, Saitama 338-8570
Hiroshi FUJITA, Saitama University

In the world of product design and manufacturing, when recycling aspect is put into product development, not only the development of recycling technology is necessary, but the establishment of design method for easy-disassembly characteristic and meanwhile maintaining easy-assembly characteristic, is needed as well. In this paper, snap-fit connection is chosen out of various types of connection that highly influent assembly/disassembly characteristics, where the beam of snap-fit is modified by cutting a hollow slot into it, thus, making it reconciles easy-assembly and easy-disassembly characteristics. By studying the effects of hollow slot size and its location on the snap-fit, optimum snap-fit shape for assembly/disassembly is formulated.

Key words: Snap-fit, Optimal configuration, Hole, Assemblability, Disassemblability

1. 結 言

近年, 再生資源の利用の促進, 廃棄物の処理等の法律により, 環境問題への対応が製品開発における必須のものとなりつつある。そのため, 製品の設計, 製造においてリサイクル性を考慮した新たな手法の導入が必要となってきた。このリサイクル性を考慮した製品開発においては, リサイクル技術の開発はもちろんのこと, 従来の組立し易さを維持しつつ分解し易さを考慮した設計技法の確立が必要である。特に, 組立および分解し易さの両者を満足させた製品開発を行うためには, 初期設計段階から考慮する必要がある。その段階から, 設計, 試作, 実験, 設計変更を繰り返すのでは, 製品開発の遅延を招くばかりではなく, 開発コストの増大を招くこととなる。そのため, 初期設計段階において, これから開発しようとする製品について組立および分解し易さを試作せず事前に評価できる手法の確立が望まれている。

本論文では, 組立/分解性に大きな影響を及ぼす締結部品の中からスナップフィットを取り上げ, 組立し易さと分解し易さを両立させたもののひとつとして, 梁部に空かを有するスナップフィットを提案し, 空かの大きさや位置がスナップフィットにどのような影響を及ぼすかについて検討を行うとともに, 組立/分解に最適形状を求める。

2. カンチレバーフック型スナップフィット

スナップフィットは位置決めと固定を行うことで部品の取り付けを可能にする機械的な締結機構である。スナップフィットには多種多様な種類があるが, 本論文では組立/分解性に優れたカンチレバーフック型スナップフィットについてのみ検討を行う。

図1は一般的なカンチレバーフック型スナップフィットを示す。また, 本論文では図2に示すような梁部に空かを有するカンチレバーフック型スナップフィットを提案し, 組立/分解性および締結能力について検討を行う。

組立/分解に必要な力(以下では, 組立/分解力とする), 最大締結能力, 組立/分解力をかけているときの最大主応力, 最大締結力値をかけているときの最大主応力の4項目について評価を行う。組立/分解力を低く抑えられるならば組立/分解性がよいことを示し, 高い最大締結力値は締結能力が優れていることを示す。また, 最大締結力が作用しているときの各最大主応力の値

は低いほうがスナップフィットの破損を防げるため望ましいと言える。本論文では, 組立/分解性および締結能力に優れたカンチレバーフック型スナップフィットの形状について求める。

3. カンチレバーフック型スナップフィットの解析

図1に示すようなカンチレバーフック型スナップフィットについて組立/分解力が作用した場合の変位量を解析する。変位量の解析については, Renaud-Karr の式を用いた解析, FEM 解析, および実験を行い, 比較検討する。

(a) Type A: cantilever hook for a constant cross-section beam (b) Type B: cantilever hook tapered in thickness

Fig.1 Cantilever hook-type snap-fit

Fig.2 Cantilever hook with a hole(type C)

図1中のA部に組立力 P を作用させた場合、梁の変位量 y は、Renaud-Karr の式から、
Type A は、

$$y = 0.67 \frac{\epsilon l^2}{h} \quad (1)$$

Type B は、

$$y = 1.09 \frac{\epsilon l^2}{h} \quad (2)$$

であり、荷重 P と梁の許容歪 ϵ の関係は、

$$P = \frac{bh^2}{6} \times \frac{E\epsilon}{l} \quad (3)$$

である。ここで、 l : 梁の長さ[mm]、 h : 梁の基部の厚さ[mm]、 b : 梁の幅[mm]、 ϵ : 許容歪、 E : 材質の縦弾性係数[N/mm²]である。

よって、組立力と変位量の関係は、

Type A:

$$y = \frac{4l^3}{bh^3E} P \quad (4)$$

Type B:

$$y = \frac{6.54l^3}{bh^3E} P \quad (5)$$

で表せる。

Fig.3 Mesh modeling for FEM

Fig.4 Analytical model for cantilever hook

式(4)、(5)より算出した値と、FEM 解析結果および実験結果を比較することにする。FEM 解析においては、図3に示すように要素分割および拘束を行って解析する。三角形および四角形要素でモデル化を行い、Type A は 2366 要素に、Type B は 2282 要素に分割した。実験も同様に図4に示すような形状の材料に組立力を作用させ実験を行った。ここで、材質はアクリル樹脂とし、 $l = 50$ [mm]、 $b = 5$ [mm]、 $h = 50$ [mm]、縦弾性係数 $E = 2450$ [N/mm²]とした。図5は、組立力 P が作用した際の変位量 y の値を示したものである。図より、Renaud-Karr より算出した値、FEM 解析結果、および実験結果はよく一致していることがわかる。

4. 梁部に空かを有するスナップフィットの解析

4. 1 梁部の空か

梁部に空かを設けた場合のカンチレバーフック型スナップフィットをFEM解析し、従来のカンチレバーフック型スナップフィットと組立/分解性や締結能力について比較検討する。

本解析においては組立/分解力 P と締結力 W は図6のように作用するものとする。図6のように組立/分解時と締結時では異なる荷重が作用していると考ええる。また、図7(a)に示す空かの幅を w_h 、空かの長さを l_h とする。空かの位置は梁の基部を原点とする x - y 座標によって空かの位置を表す。ただし x 、 y は空かの下端の座標を示すものとする。空か部分以外の諸元については、図4と同様である。

(a) Type A

(b) Type B

Fig.5 Analytical and experimental results

空かの形状は $w_h = 0.5, 1.0$, $l_h = 10, 20, 30, 40, 50, 60$ とする。また、空かの位置は $x = -1, 0, 1$, $y = 0, 5, 10, \dots, 60 - l_h$ である。これらのパラメータの値の全ての組み合わせに対して解析を行い、その中から組立/分解性や締結能力に優れた形状を求める。

Fig.6 Assembly/disassembly and retention force

Fig.7 Parametrs for cantilever hook

Fig.8 Analytical results

Fig.9 Analytical results

4. 2 最大締結能力に影響を及ぼす空か形状

解析の結果、図7のように(a) 空かが梁の中央よりも締結部側によっており、(b)空かの上端が締結面よりも上にあり、(c) 空かが適切な長さを持っている、という3つの条件を満たすと空かを持たないカンチレバーフック型スナップフィットに比較して最大締結能力が向上することがわかる。

図8は $w_h = 1[\text{mm}]$, $l_h = 30[\text{mm}]$ の時の締結能力に及ぼす空か x の値の影響を示す。条件(a), (b)は $x < 0[\text{mm}]$, $l_h + y > 50[\text{mm}]$ である。図中より締結能力は $x = -1[\text{mm}]$ で、かつ $y > 20[\text{mm}]$ で上昇しており、条件(a), (b)を同時に満たす場合、空かがない場合に比較して締結能力の向上が認められる。

また、図9は $x = -1[\text{mm}]$, $l_h + y = 60[\text{mm}]$ を満たすように空かの長さを変えた場合の最大締結能力値の変化を示す。空かの長さが $30 \sim 40[\text{mm}]$ の時、最大締結能力値が最も向上することがわかる。

ここで、図8, 9で示されている解析結果の妥当性を検討するため、実際に空かを有するカンチレバーフック型スナップフィットモデルを作成して実験し、解析結果と実験結果を比較し検討する。図8の $x = -1[\text{mm}]$ の場合の解析結果と実験結果の比較を図10に、また図9の $w_h = 1[\text{mm}]$ の場合の解析結果と実験結果の比較を図11にそれぞれ示す。図10において $y > 20[\text{mm}]$ で最大締結能力が上昇することや、図11において空かの長さが $30 \sim 40[\text{mm}]$ のときに最大締結能力値がもっとも高くなることなど、FEM解析結果と実験結果はよく一致している。

Fig.10 Comparison of analytical and experimental results

Fig.11 Comparison of analytical and experimental results

4. 3 最大締結能力の向上の要因

本論文では図12のようにA部を締結面の深さ分だけ水平方向に変位させる締結力 W [N/mm²]を最大締結能力値とする。締結能力が向上する要因について、図13により説明する。

- (a) 空かがないため、梁全体にモーメントが伝わる。
- (b) 梁の上部から均等にモーメントが伝わってくるため、梁全体にモーメントがかかる。
- (c) 梁の右側にはモーメントがほとんど伝わっていないが、モーメントがかかっている梁の左側のほうが断面二次モーメントが大きく全体的な挙動を支配しているため、結局(a)と大きな違いはみられない。
- (d) 図の点線で囲んだ部分にモーメントが集中するため、梁の右側があまり撓まず、全体的に梁が水平方向に撓むことを抑制している。

このように、梁に空かを有する場合でも、その形状によっては締結能力が向上する場合がある。

Fig.12 Retention force

Fig.13 Deformation behavior of snap-fit with a hole

4. 4 組立/分解性に影響を及ぼす空か形状

組立/分解性を向上させる場合は梁の中央付近に空かを有するスナップフィットが有効である。ここで、図14のような $w_h = 1$ [mm], $l_h = 40$ [mm], $x = 0$ [mm], $y = 10$ [mm]の空かを有するType Cと空かを持たないType Aのカンチレバーフック型スナップフィットを比較検討した結果を表1に示す。Type Cの組立/分解力、組立/分解力が働いているときの最大主応力、および最大締結能力が働いているときの最大主応力はType Aのものに比べて低下しており、組立/分解性の向上が認められる。

また、表中の括弧内にある実験値も同様の結果が得られている。

5. 結 言

本論文では、組立/分解性に大きな影響を及ぼす締結部品の中からスナップフィットを取り上げ、組立し易さと分解し易さを両立させたもののひとつとして、梁部に空かを有するスナップフィットを提案し、空かの大きさや位置がスナップフィットにどのような影響を及ぼすかについて検討を行なうとともに、組立/分解に最適な形状を求めた。

参考文献

- (1)P.Kar, J.E.Renaud: "Development of an integrated plastic snap fastener design advisor", Engineering design and Automation, 2, pp.291-304, (1995).
- (2)綿貫啓一, 加藤大紀: 組立/分解性を考慮したカンチレバーフック型スナップフィットの最適形状, 日本機械学会関東支部ブロック合同講演会—2001 鳩山一講演論文集, No.010-2, pp.123-124, (2001).

Fig.14 Type A and C snap-fit

Table1 Comparison between Type A and Type C

():experimental value

	Type A	Type C
Assembly force [N]	8.839 (9.232)	4.613 (4.684)
Maximum retention force [N/mm ²]	4.013 (3.528)	3.967 (3.254)
Maximum principal stress acting on assembly force [N/mm ²]	41.385	39.974
Maximum principal stress acting on retention force [N/mm ²]	41.033	34.427