

ねじの箱詰め用ロボットハンドの軽量化

平尾友二*, 田野貴志*, 大家好太郎**

抄 録

重量物を扱うハンドリングロボットのハンド設計では、限られた可搬重量およびモーメント荷重に収まるハンド重量と、ロボットの旋回時に振り落とすことなく安定してワークを把持し続ける強度の相反する命題を両立させなければならない。本研究開発では、可搬重量 10kgf のロボットで使用可能な重量ボルトのハンドリングロボット用ハンドの軽量化設計について報告する。

1 はじめに

平成 4 年に開発した「ねじの箱詰めシステム」は、その後、様々な改良が加えられ今日に至っている。平成 18 年には、老朽化した 1 号機を 2 倍の可搬重量である 20kgf のロボットに変更し、可搬重量に余裕の出来た分、ハンド部材の厚みを厚くした生地ねじ専用の強化型ハンド(図 1 右)を開発して、振り落とし不良を解決した。その結果、ハンド重量は従来の約 2 倍となった。

ほぼ同重量のワークを対象としたねじの箱詰めシステム 3 号機は、可搬重量 10kgf のロボットを使ったメッキねじ専用ラインである。ここで使用されるハンドも、旧 1 号機で使用していたものと同じ従来型のハンドで、強度不足を主因とするたわみによる振り落とし不良を補助バネにより改善していた(図 1 左)。稼働からすでに 15 年が経過し、ハンドには顕著な損傷が見られ交換の必要な時期となっていた。

本研究開発では、強化型ハンドの開発過程で得られたねじの箱詰めシステム 1, 3 号機用ハンドに必要なたわみ強度を基に、構造解析シミュレーションによる構造評価から強化型ハンドの軽量化を行ったので、これについて報告する。なお、本研究開発は H21 年度 JST ニーズ即応型研究事業および H22 年度徳島県技術シーズ開花事業において実施したものである。

2 方法と結果

2・1 軽量化の方策と爪部の軽量化

強化型ハンドの研究開発においては、主にハンドを構成する素材とその板厚について評価した。具体

的には、簡略化したハンドモデルを用いた構造解析シミュレーションの結果から、最大歪み量を求めると共に、試作ハンドを用いた実証試験から、素材をアルミ 2017 (AL2017) に、板厚を 15mm にそれぞれ決定した。比重と曲げ強度の事前検討結果から、実際に評価した素材は、ナイロン、ジュラコン、AL2017 の 3 種類で、板厚はそれぞれ 5, 10, 15mm であった。この結果を基に、爪部の板厚を従来の約 2~3 倍の 10~15mm とし、前部・後部爪取付部材では、前後からシリンダを包みこむ構造と、従来の T 型構造を台形構造へと変更することによって強度を向上させた。そして、実証試験の結果から、シミュレーション結果が実証結果に近似しており、強度評価に十分有用なことを確認すると共に、生地ねじを振り落とさない最大たわみ(歪み)許容量を 0.3mm と推定した。

強度を保った軽量化の基本は、柱と壁の組み合わせであり、柱となる骨格部をどのような形で残し、それ以外の部分をどれだけ削り落とすかである。

本研究開発では、まず構造解析シミュレーションを用いて軽量化方針の探索を行った。図 2 のように、外周に柱を有し内部に 1/3 の厚みの壁を上部、中央、下部にそれぞれ有する構造に、両端部と中央部に異なる方向から荷重を掛けた場合のたわみ量は、壁が

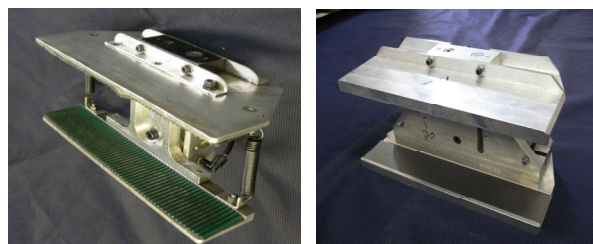


図 1 ハンドの外観(左:従来, 右:強化型)

*電子機械課, ** (株) ヒラノファステック

上部にある時が最も小さく、中央にある時が最も大きかった。上部と下部との差は僅かであった。

これを基に、ハンドの軽量化設計を行った。図3に軽量化ハンドの組み図を示す。上が可動部爪、中央が胴体部で左から前部爪取付部材、シリンダ、後部爪取付部材、下が固定部爪である。爪部の板

厚は15mmを基準とし、可動部爪では、シリンダロッドが取り付け中央部の板厚を18mmに厚くし、柱が16mm幅となるように主に内面（ネジを把持する側の面）を研削溝加工して、5mmの壁を残す設計とした。両端部は外周に幅8mm以上の柱を形成し、柱に挟まれた部分は内面から研削して5mm厚を残すか、穴抜きとして軽量化した。把持部では内面を研削するこ

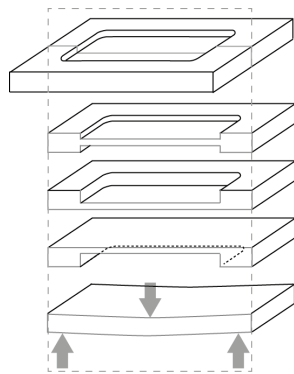


図2 壁位置の異なるたわみモデル

とが出来ないため、外周と中央部に柱が形成できるように外面から研削溝加工すると共に、先端に向けて板厚を漸減する設計とした。また、爪部に施す柱はシリンダロッド取付位置から放射状に伸びる基線に沿うような配置とした。なお、爪部の部分名称は図4を参照されたい。



図4 爪部の部分名称

2・2 爪部の強度評価

爪部の軽量化の特徴は、可動部爪のシリンダロッドへの取り付け方法の変更にある。これまでは図1のようにロッドに付属したブロック材を挟むように取り付けていたが、今回はこのブロック材を外して、可動部爪が直接ロッドに取り付く構造とした。これにより高い加工精度が要求されるものの、構造が簡単となり、取付ボルトも不要となったため、軽量化とたわみ（歪み）の改善が期待できる。

最も大きな応力たわみを生じるタイプBのハンドの可動部爪の設計データを用いて、実際の形状に合致したデータでたわみ量（歪み量）と応力分布の構造解析シミュレーションを行った。中央部の2つのロッド取り付け位置に+300N ずつを、把持部両端のねじ把持位置付近に-300N ずつを印可した時の結果を、図5および図6に示す。最大たわみ（歪み）量は、最も大きい先端部でも0.24mmと0.3mm以内であった。応力分布は中央部のロッド取り付け部分とそこから伸びる柱周辺が比較的大きいもののうまく分散されていることが判った。

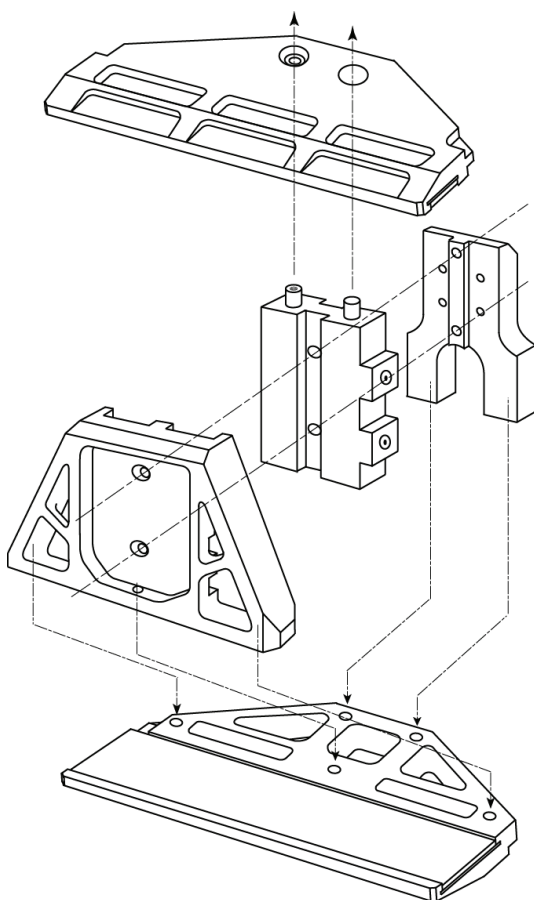


図3 ハンドBの組み図

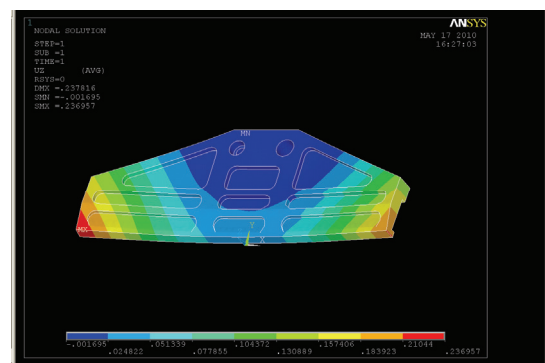


図5 構造解析の結果（最大歪み量）

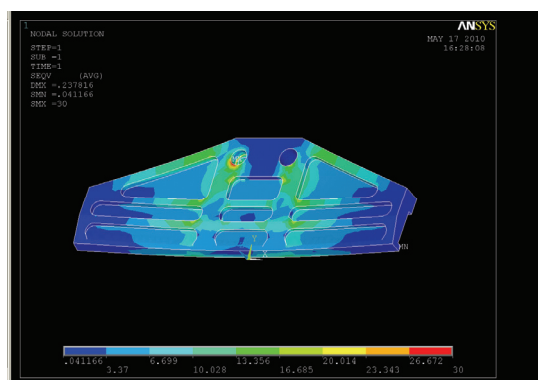


図6 構造解析の結果（応力分布）

2・3 胴体部の軽量化

前部および後部爪取付部材の軽量化は、シリンダとセットで行った。まずシリンダを同性能の軽量型に変更することで約10%軽量化した。さらにシリンダの贅肉部を図7のように切削して、計約25%軽量化した。この際、前部および後部爪取付部材との結合が図8のようなはめ込み構造となるようシリンダ中央部の縦方向にキー溝加工を、右側面のエア吸排気部を残すように横方向に凸加工を施した。前部爪取付部材は、この縦横のキー構造にはめ込めるように凹凸の突起を設けると共に、台形部分をくり貫き軽量化した。台形部分は

把持圧のかかる外周を柱で残すと共に補強のために中央に柱を配した。後部爪取付部材は、キー溝にはめ込めるようキー突起を設けると共に、可能な限り小さくして軽量化した。また、組み構造化することにより取

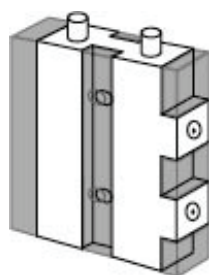


図7 シリンダの軽量化

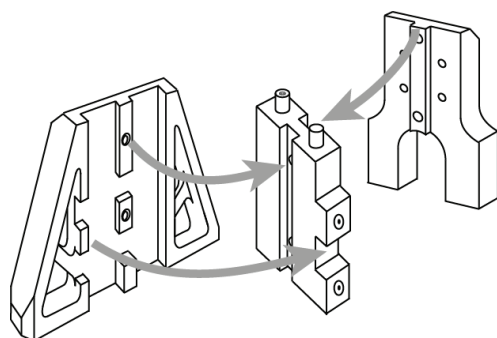


図8 胴体部のはめ込み構造

付ボルトも削減でき、軽量化に貢献した。最後に、強化型ハンドの開発において、緩衝ゴムの交換作業軽減のために、新たに取り入れた図9に示すスライドプレート交換方式で用いる1mm厚のSUS板も、図9右のように千鳥パンチ穴付き板に変更することで、約30%軽量化した。

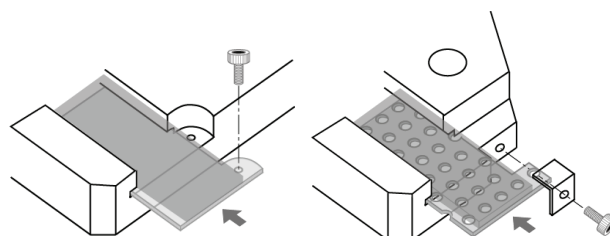


図9 スライドプレート交換方式
（左：強化型ハンド，右：軽量化ハンド）

3 結果と考察

ねじの箱詰めシステム1号機と3号機は共に、呼び径M10～24、首下長さ75～200mmの六角ボルトを対象とした箱詰めシステムで、表1のように把持間隔の異なるA～Fの6種類のハンドをオートチェンジャ（ATC）で使い分けしている。1号機と3号機は、使用しているロボットの可搬重量が異なるが、この他に1号機は生地ねじ専用、3号機はメッキねじ専用という違いがある。

表2に6種類のハンドの重量比較を示す。従来ハンドに比べると強化型ハンドはタイプC,Dで約5割増し、タイプA,Bでは約2倍の重量であった。これに対し、軽量化ハンドはタイプDが従来ハンドに比べて軽量となり、タイプAが1割強重いものの6種類すべてでほぼ目標の従来ハンド並みの重量に軽量化することができた。軽量化ハンドの強化型ハンドに対する軽量化率は40%以上であった。

強度は、強化型ハンドが従来ハンド比約30倍であったのに対し、軽量化ハンドは従

表1. 軽量化ハンドの把持間隔

タイプ	把持間隔 (mm)
A	123.5～153.5
B	144.5～164.5
C	153.5～193.5
D	183.5～223.5
E	80.5～110.5
F	101.5～131.5

来ハンド比約 26 倍と、12%ほど低下したが、評価試験の結果、先端部の最大たわみ（歪み）量は、最も大きかったタイプ B のハンドでも 0.21mm と、許容範囲内であり十分な強度を有していた。図 10 に試作した 6 種類の軽量化ハンドの外観を示す。

最後に、これらのハンドをねじの箱詰めシステム 3 号機に適用し、実証試験を行った。その結果、ねじの振り落としも無く、荷重モーメントも許容内であった。また、先端部の最大たわみ（歪み）量はタイプ B のハンドが最も大きく、0.19mm であった。

現在、軽量化した 6 種類のハンドは、同社におい

てねじの箱詰めシステム 3 号機として耐久実証試験中である。

参考文献

- 1) 平尾友二・大家好太郎：「ネジの箱詰めシステムの開発」, 徳島県立工業技術センター研究報告, vol2, pp69-73(1993)
- 2) 平尾友二・大家好太郎：「ねじの箱詰め新型ロボットシステムの開発」, 徳島県立工業技術センター研究報告, vol6, pp41-45(2007)

表 2. 新旧ハンドの重量比較表

ハンドの重量比較			
タイプ	従来ハンド（旧）	強化型ハンド	軽量化ハンド
A	3.01kg（1 倍）	6.10kg（2.03 倍）	3.37kg（1.12 倍）
B	3.11kg（1 倍）	6.10kg（1.96 倍）	3.40kg（1.09 倍）
C	2.90kg（1 倍）	4.90kg（1.69 倍）	2.91kg（1.00 倍）
D	3.45kg（1 倍）	5.10kg（1.48 倍）	3.14kg（0.91 倍）
E	3.71kg（1 倍）	6.65kg（1.79 倍）	4.07kg（1.10 倍）
F	3.35kg（1 倍）	6.30kg（1.88 倍）	3.52kg（1.05 倍）

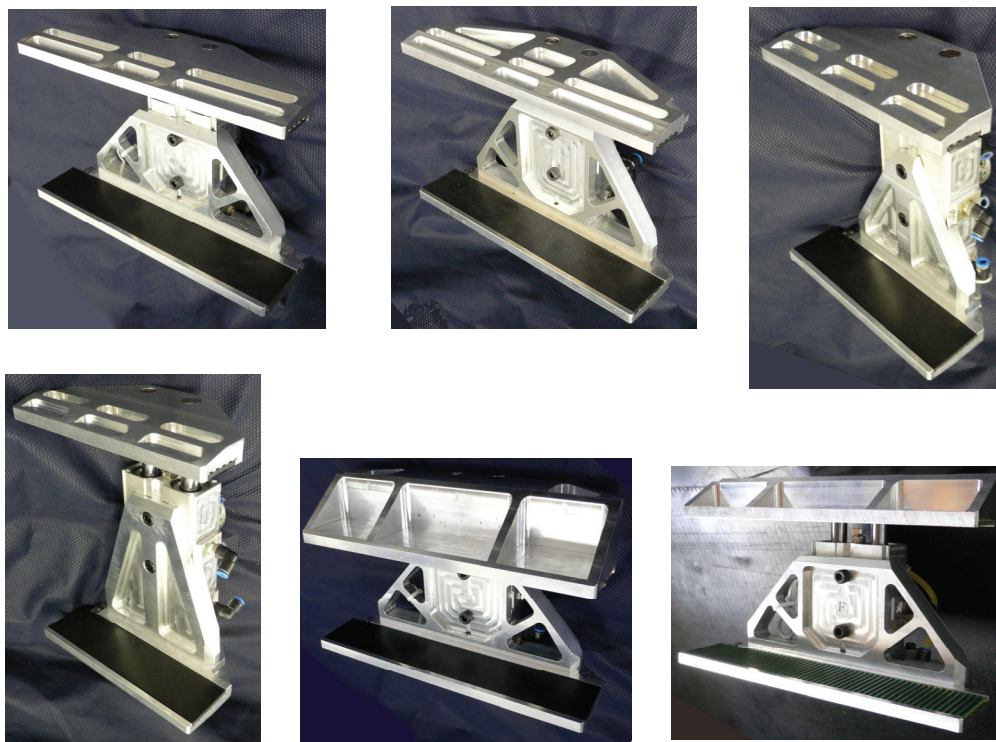


図 10 試作した 6 種類の軽量化ハンドの外観
（ 上段左から タイプ A, B, C, 下段左から タイプ D, E, F の順 ）