

# 締付け力の分布について —チャッキングの基礎研究 (第5報) —

門 脇 義 次・安 藤 正 昭

Study of the Distribution of Chucking Force

—Basic Study of Chucking (5th report)

Yoshitugu KADOWAKI・Masaaki ANDO

(昭和53年10月31日受理)

## 1 結 言

三ツツメスクロールチャックを用いた被削物のチャッキングのとき、三個のツメから均等な把握力が被削物に作用することを期待するし、また、その中の一個のツメに関しては等分布力を期待する。そして、このような期待が実現されたときに、ツメと被削物との、結合部分としての剛性が最も大きくなるものと考えられる。

ここで、チャックの把握力は、専用の荷重計を用いて、容易に測定出来る。しかし、接触部分での圧力分布形状については、簡便な測定方法が見られないようである。

前報<sup>1)</sup>では、三ツツメスクロールチャックにおいて、被把握物の締付けに伴って生ずるツメの表面上のひずみは、被把握物の形状によって違った傾向を示し、接触圧力の分布形状と密接な関係にあることを指摘した。

本報では、前報<sup>1)</sup>に引続き、球の締付けの場合をもとにして、丸棒の締付けの場合の接触圧力の分布形状を推定する方法、ならびに、この方法の補正法および、二、三の測定結果について報告する。

## 2 実 験 方 法

供試チャックは前報と同じく6½生ツメスクロールチャックであり、生ツメの形状とツメの表面に貼ったひずみゲージの位置とを図1に示す。被把握物との接触面は、一般に生ツメの仕上げと同様の方法で、直径40mmの丸棒に適合するように、端から10mmを仕上げている。しかし、前報と異なり、丸棒のつかみしろは9mmとして、丸棒の端面はツメと接触しないように、1mmの隙間を設けてある。これは、

締付けによるツメの変形によって、ツメの底面(図1において、点Bの含まれる面)には、新たな締付け力とは無関係な圧縮力の加わることが懸念されたためである。

他の二個のツメについても、全く同じ点にひずみゲージを貼って、三個のツメに生ずるひずみを同時に測定出来るようにする。

いっぽう、チャックハンドルにも、ひずみゲージを貼って、これに生じたひずみから、締付けに伴うトルクを求める。

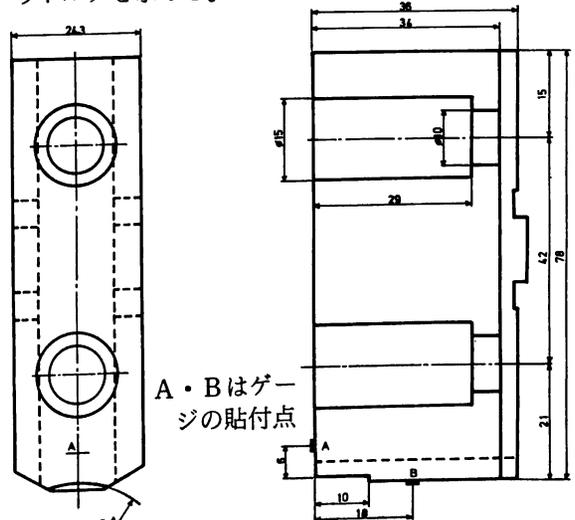


図1 供試チャックのツメおよびゲージの貼付点

また、被把握物は直径12.7mmの鋼球と、直径40mm長さ20mmの円板とである。ここで、円板は実作業の丸棒に相当するものであり、前報の切欠きつきの円板とは異なる。すなわち、丸棒が長いと、締付けに際して片持ばりとなるとき、自重による曲げのため、締付けによらないツメ表面上のひずみ加わることになる。しかし、丸棒が短いとこのような誤差は小さいはずである。

3 実験および計算結果と考察

(1) 鋼球を締付ける場合 直径12.7mmの鋼球を締付ける場合チャックハンドルに作用させるトルクと、ツメの一つにおける端面上の一点(A)に生ずるひずみとの関係を図2に示す。図では、ツメと鋼球との接触点のツメの端面からの距離(x)をパラメータとしてある。図によると、締付けトルクを増すほど、また、接触点が端面に近づくほど、大きなひずみを生じている。

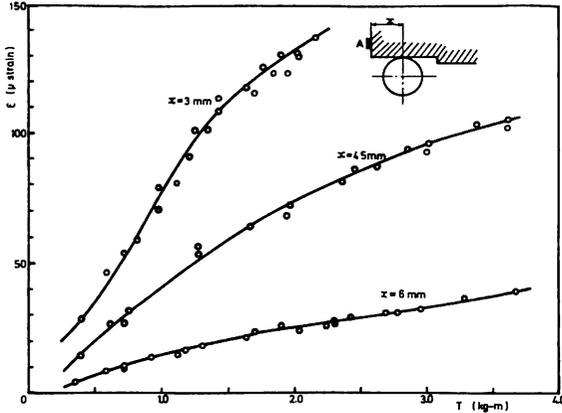


図2 チャックハンドルに及ぼすトルクとツメ上の一点(A)におけるひずみとの関係 (球締付の場合)

同様にツメの底面上の一点(B)におけるひずみを示すものが図3である。これは図2とほぼ同じ傾向を示している。しかし、トルクに対しても、また端面からの距離に対してもその変化は小さくなっている。これは、有限要素法による計算結果<sup>2)</sup>とも符合する。

次に一回ごとの締付けによって生ずる、三個のツメのひずみを比較する。これが図4である。図では

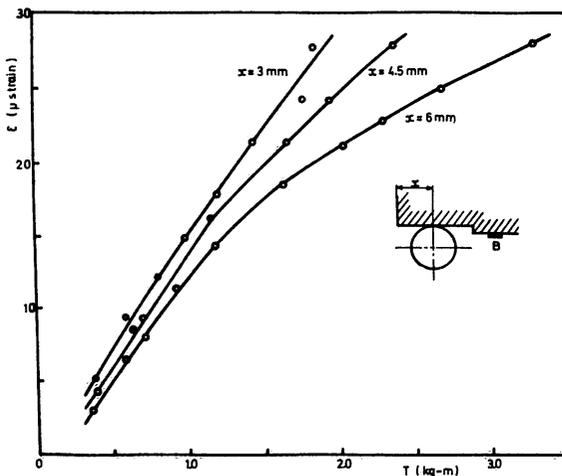


図3 チャックハンドルに及ぼすトルクとツメ上の一点(B)におけるひずみとの関係 (球締付の場合)

縦軸として、測定されたひずみ(ε)とチャックハンドルに加えたトルク(T)との比(ε/T)によって示してある。また、Aの群は三個のツメのそれぞれの端面上の一点(A)に生ずるひずみによったものであり、球の接触点が端面から離れるにつれて低下するような三本の平行線で示される。このことから、三個のツメにはったゲージによるひずみの間には一定の比が成立し、1:2.06:2.6となる。

ひずみゲージを三個のツメの対応する点に正確に貼付けてあれば、Aの群に属する測定値は一致して、一本の線となるはずである。いっぽう図4における、一定の比で示される三個のツメのひずみの相違は把握力の相違によるものではなく、貼りつけ場所の相対的な誤差によると考えられる。しかも、端面上で、ひずみゲージを貼った点の付近はひずみこう配の大きいところであり、わずかの位置の相違が大きなひずみの相違を生じたものと考えられる。

以下では、三個のツメの間のひずみの比を感度比と呼び、それぞれのツメに生じたひずみをそれぞれの感度比で割ることにより、誤差のない貼りつけを行ったと同じ効果がある。すなわち、それぞれのツメにはゲージの貼りつけ点に差があるにもかかわらず、丸棒の締付けなどにおいて、三個のツメに生ずるひずみを直接比較出来ることになる。

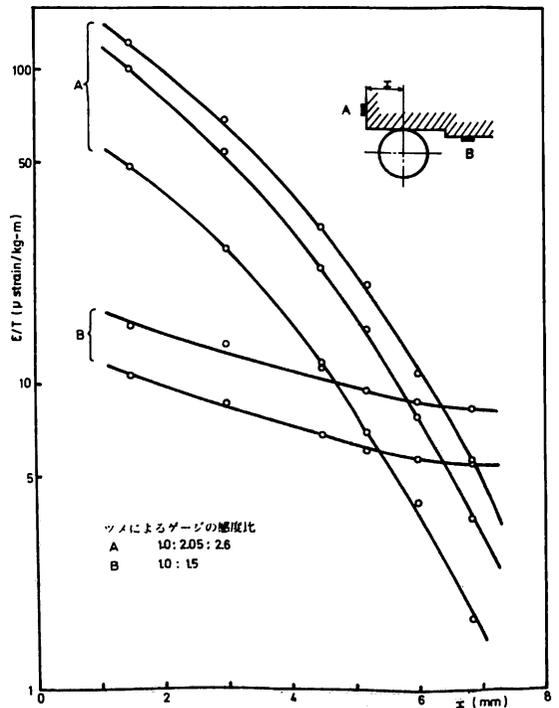


図4 球の締付において力の作用点を変えた場合のひずみとトルクとの比の変化

締付け力の分布について

いっぽう、Bの群に属するものは、ツメの底面上の一点(B)に生ずる、三個のツメのひずみとトルクとの比を比較したものである。しかし、三枚のひずみゲージのうち二枚はほぼ同じ相対位置に貼られたため、Aの群と異なり二本の平行線となっている。図から、感度比は1:1:1.5である。この場合にも、球との接触点がツメの端面から離れるにつれ、ひずみとトルクとの比  $\epsilon/T$  は降下する。しかし、Aの群における場合に較べその降下の仕方は緩やかである。

(2) 有限要素法による分布力と集中力との比較  
 前述の球を締付ける場合、チャックのツメには集中力が作用する。しかし、普通に行われる旋盤作業での被把握物は丸棒であり、この場合には分布力として作用するはずである。このような、集中力と分布

力とにおいて、集中力はその作用点の位置と大きさ、すなわち、チャックハンドルに作用させるトルクを定めるだけでツメの表面上のひずみが決定出来る<sup>1)</sup>。これに対し、分布力の場合には見かけ上の接触面積と分布力の大きさ（これもチャックハンドルに作用させるトルク）の他、その分布形状によっても変化するはずである。しかし、分布力の分布形状を調整することは実際上困難であり、また、分布力が作用しているとき、測定によってその分布形状を求めることも同様に困難である。

そこで、丸棒を締付ける場合には、これまでと逆にツメの表面に生じたひずみをもとにして、力の分布形状を求めることを考える。このとき、ある条件のもとで、集中力によるツメの表面上でのひずみと分布力による同じ点でのひずみとが等しいとする。

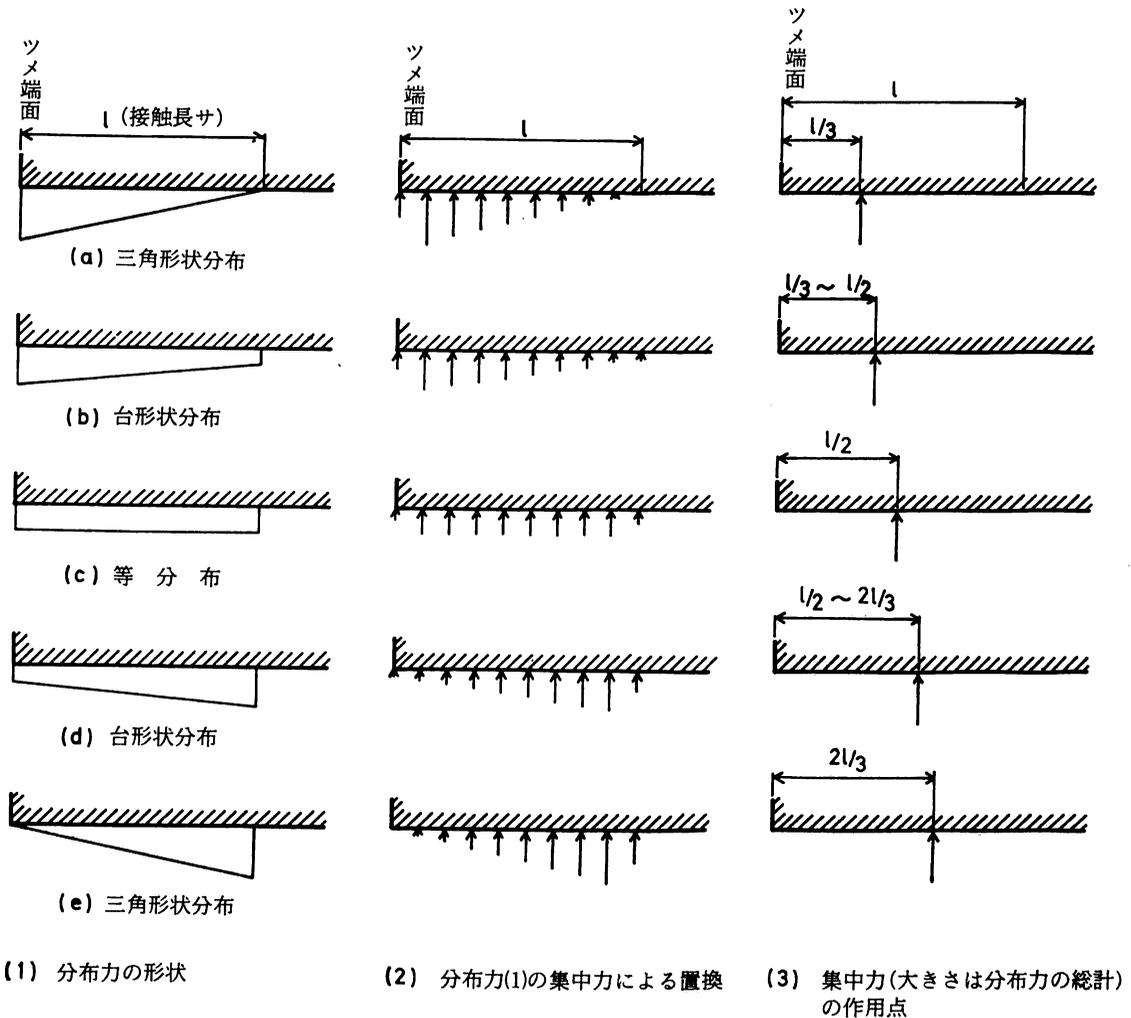


図5 分布力と集中力との対応

ただし、分布力と集中力とは、分布力を集中力に置き換えるために最も普通に行われる方法によって対応させる。すなわち、分布力の合力に等しい大きさの集中力がその作用の中心に作用すると考える。

以上の分布力と集中力との対応の例を図5に示す。すなわち、図の(1)は五種類の分布形状を示し、これらはそれぞれ(3)の集中力と対応する。なお、(2)は後述の有限要素法による計算において荷重条件として用いられるもので、分布力を多数の集中力として近似したものである。

これら、分布力と集中力とによるツメ表面上のひずみを二次元の有限要素法を用い、数値によって比較する。このため、供試生ツメと等しい、厚さ、巾、高さを有するごく短い片持ばりに関して、実験における場合と同じ点におけるひずみを計算により求める。

有限要素法は平面応力問題として扱い、要素分割を図6に示す。ただし、生ツメを単純化したものであり、厚さは一様としている。力は図の力の作用範囲に含まれる10点に、前述の条件で作用するものとする。

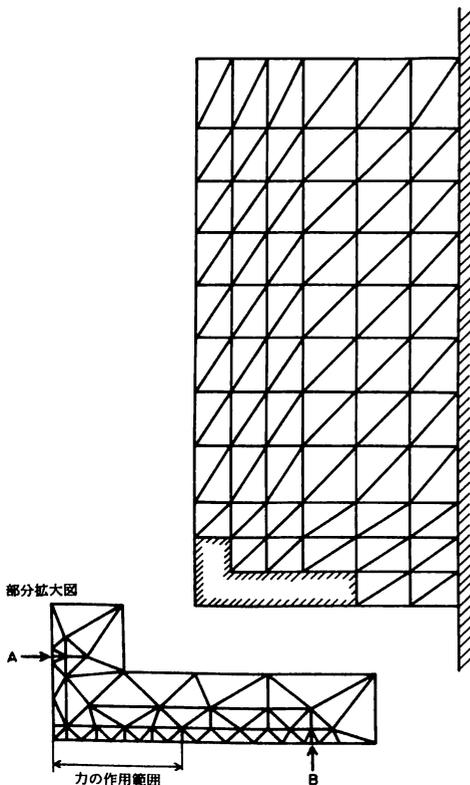


図6 FEMにおける要素分割(122節点, 190要素)

計算結果を図7に示す。図では、分布力の場合にはツメの端面からその作用の中心までを、集中力の場合には、同じく端面からその作用点までを横軸としている。またこのとき、締付けトルクとは無関係であるから、縦軸は単なるひずみとして示す。なお、同図には比較のために、一般のはりの場合の計算式を用いた、点Bに生ずるひずみの変化を示してある。図7によれば、分布力、集中力共に力の作用点が端面から離れるにつれAでのひずみは急に、Bでのひずみは緩やかに減少する。これらは前述の球の締付けの場合と同じ傾向となっている。

また、端面上の一点(A)における結果から力の作用点が端面から離れるにつれて、集中力と分布力とによるひずみの差が大きくなる。しかし、底面上の一点(B)での結果から両者の間にはほとんど差が認められない。従って集中力(球の締付け)による接触点の位置とひずみとの関係に分布力(丸棒の締付け)による同様の関係を適用することにより、分布力の中心が容易に求められる。しかし、(A)による場合で球の締付けによる  $\epsilon/T$  が比較的小さい範囲(丸棒の締付けの場合で、分布力の中心が端面から離れている場合)では補正が必要となる。

(3) 丸棒を締付ける場合 直径40mmの丸棒を締付けることによって生ずるツメ表面上のひずみを測定した。しかし、前報<sup>1)</sup>と同様このひずみには、一定のつかみしろ、一定の締付けトルクによって測定しても、ほとんど再現性が認められない。このため、前

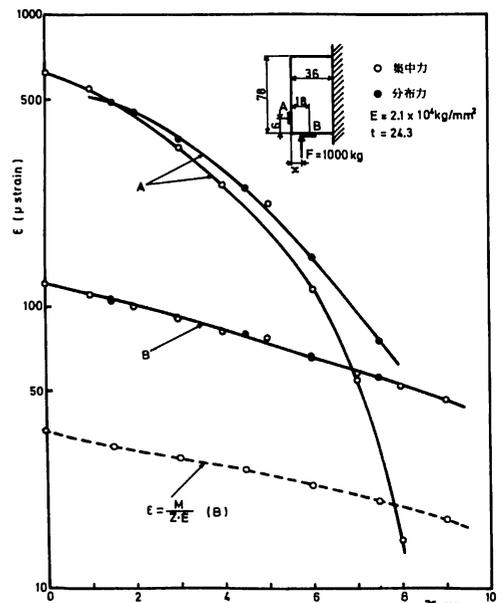


図7 ごく短い片持ばりのひずみ(FEMによる)

締付け力の分布について

表1 締付トルクと締付分布荷重中心の端面までの距離 (つかみしろ 9mm)

締付トルク (kg-m)		1.64	2.13	2.23	2.50	2.59	2.63	2.76	2.89	3.48
距離 x (mm)	No.1	4.35	5.50	5.15	5.25	—	5.76	5.85	5.45	5.55
	No.2	—	—	—	—	5.70	—	—	—	5.75
	No.3	5.75	5.70	5.40	5.25	6.00	5.50	5.40	5.80	—

一印は測定されたひずみが小さいため端面までの距離が推定できない場合を示す

述の方法で補正を行い、丸棒を締付けることによる分布力の中心の座標をツメ端面からの距離として求め、その結果を整理したものが表1である。

表1によれば、三個のツメに作用する分布力の中心は等しくはならない。また、表に示される範囲内では、端面から極端に離れた点に分布力の中心がくるようなツメが必ず一つある。さらに、9mmのつかみしろのほぼ中央に分布力の中心が来るような場合はほとんどない。

以上の結果から、三個のツメのそれぞれに作用する分布力の総和は等しいとしても、その分布力の中心はそれぞれ異なっていることから、それぞれのツメの力の分布状態が異なることになる。また、9mmのつかみ代の、ほぼ中央の、端面から4.5mm付近に分布力の中心がくるようなものも数が少ない。これは図5によって、ツメと被把握物との接触圧力が等分布であるとは考えにくい。表1によれば、端面から5~6mmのところを中心に分布力がほとんどであり、図5における(d)のタイプの分布力すなわち、ツメの奥の方ほど大きくなるような分布形状をなすと考えるのが妥当のようである。これは前報<sup>1)</sup>でも考察した通り、締付けに伴うツメの先のたわみと、ツメ受台とスローとの間のクリアランスによる剛体変位とに起因する、いわゆるツメの先開きによって、ツメの先の方ほど大きな変位を生じたために、この部分での接触圧力が小さくなったものと考えられる。

その上、三個のツメの分布力の中心が等しくはならないことによって、丸棒がいくぶん傾むいたまま締付けられていることになる。これは、被把握物をツメの上に載せる際のごくわずかの傾むきが修正されずに最終的に締付けられるに致ったものと考えられることが出来る。

4 結 言

鋼球を締付けるときは、チャックのツメの被把握物と接する面には集中心力が作用するとし、丸棒を締付けるときは分布力が作用すると考える。

そして、チャックのツメの表面に生ずるひずみを上の二種類の被把握物を締付ける場合について比較する。この結果をもとにして、丸棒を締付ける場合のチャックのツメの被把握物と接する面における圧力の分布形状を推定した。なおこのとき、三個のツメの間のひずみゲージ貼付け点の相対誤差は球の締付けの場合をもとにして補正することが出来、一回の締付けにおいて、三個のツメのひずみを比較することが出来る。

このような推定を行った結果

- (1) 丸棒を締付けるとき、三個のツメの各被把握物と接する面に作用する圧力の分布形状は、それぞれ異なることが多い。
  - (2) 一個のツメにおける、圧力の分布形状は奥の方ほど大きくなるような、台形状分布を示し、ツメの先開きがあることを示している。
- などのことが明らかとなった。

おわりに、本研究に終始御協力を戴いた本校実習係の諸氏に心からの御礼を申し上げます。

文 献

- 1) 秋田高専研究紀要 13 (1978.2) P 1
- 2) " 12 (1977.2) P10