研究

ブロックゲージの密着トルクの特性*

—ブロックゲージの密着力に関する研究 (第5報)—

津村喜代治** 藤井康治***

Characteristics of Wringing Torque of Block Gauges

—Study on Wringing Force of Block Gauges (Report 5)—

Kiyoji Tsumura, Yasuharu Fujii

The basic characteristics of wringing torque were analyzed in the previous report. This time we have experimentally confirmed the effects on wringing torque of surface roughness, flatness, etc. of the wringing surfaces of block gauges, and studied on whether or not industrial use can be made of the newly defined wringing torque. The results are summarized as follows:

1. Deducing from the measurements of wringing torque, the thickness of oil film is about equal to 1/2 of the sum of the surface roughnesses of the block gauges wrung together.
2. The thickness of oil film in the best wringing conditions is assumed to be on the order of 0.02μ .
3. It believably is possible to evaluate wringing torque by means of wringing force.

1. まえがき

第4報¹⁾において密着トルクの基礎特性について解析した結果、密着トルクの生ずる原因は密着面に介在する油の表面張力と粘性によるものであることを明らかにした。

この報ではブロックゲージの密着面の表面あらさ、平面度などの密着トルクへ及ぼす影響を実験により確認し、またこの新しく定義した密着トルクが工業上採用できるか否かを検討してみたい。

実験装置および実験方法は第4報において述べたものと同様である。

2. ブロックゲージの特性と密着トルクとの関係

2.1 密着面面積と密着トルクとの関係

密着面に平行な方向の断面について、正方形の断面形状をもつ Hoke Gage, 円形断面形状をもつ Cary Slip Gauge を除き、断面形状が長形のものについて BS, DIN などの諸外国規格および Johansson, Webber などの諸メーカ規格について断面寸法を調査した。この結果断面寸法は最大 38.3×13.5 (mm²), 最小 20×9 (mm²) の範囲であった。

この断面寸法の範囲内において、断面寸法と密着トルク

クとの関係の実験結果を図1に示してある。また前報¹⁾より各種断面寸法の密着トルク T を求める式を導びくと

$$\left. \begin{aligned} \text{断面寸法 } 35 \text{ mm} \times 9 \text{ mm の場合} \\ T &= 0.36 \alpha \gamma \frac{N}{h} \times 10^{-6} + 2.8 \mu \left(\frac{2\sigma \cos \theta}{h} \times 10^{-6} + p \right) \\ \text{断面寸法 } 30 \text{ mm} \times 9 \text{ mm の場合} \\ T &= 0.23 \alpha \gamma \frac{N}{h} \times 10^{-6} + 2.1 \mu \left(\frac{2\sigma \cos \theta}{h} \times 10^{-6} + p \right) \\ \text{断面寸法 } 25 \text{ mm} \times 9 \text{ mm の場合} \\ T &= 0.14 \alpha \gamma \frac{N}{h} \times 10^{-6} + 1.4 \mu \left(\frac{2\sigma \cos \theta}{h} \times 10^{-6} + p \right) \\ \text{断面寸法 } 20 \text{ mm} \times 9 \text{ mm の場合} \\ T &= 0.08 \alpha \gamma \frac{N}{h} \times 10^{-6} + 0.9 \mu \left(\frac{2\sigma \cos \theta}{h} \times 10^{-6} + p \right) \end{aligned} \right\} (1)$$

図1 密着面面積と密着トルクとの関係

*原稿受付 昭和45年9月25日。昭和45年度精機学会春季大会学術講演会(昭和45年4月3日)にて発表。

**正会員 東洋工業(株)(広島県安芸郡府中町宇新地)

***正会員 東北大学工学部(仙台市荒巻字青葉)

となる。

ここに

α は粘性係数の補正係数

η は粘性係数 (poise)

N は回転速度 (rpm)

h は油膜の厚さ (cm)

μ は付着係数

σ は表面張力 (dyn/cm)

θ は接触角 (度)

p はブロックゲージの自重を含む単位

面積あたりの押付圧力 (kg/cm²)

である。

この式に実験の諸条件を代入して求めた値を計算値として図1に示してある。計算値と実験値とはほぼ一致することが認められる。したがって断面寸法の異なるブロックゲージの密着トルクは式(1)によって評価することができる。

2.2 密着面の表面あらさと密着トルクとの関係

密着面の表面あらさと密着力との関係は重要な問題の一つである。ここでは表面あらさと密着トルクとの関係を実験により求めた。その結果を図2(a)~(c)に示してある。表面あらさは触針式あらさ測定機(触針半径 2.5μ , 測定力 0.1g)により測定し最大高さを求めた。この図の横軸は密着したブロックゲージの最大高さの和の $1/2$ をとって表面あらさとして表示した。この図において表面あらさの値が大きくなると密着トルクは急激に低下することがわかる。

また横軸の値を油膜の厚さと仮定して計算して求めた密着トルクの値を計算値として図2に示してある。この計算値と実験値とはほぼ一致している。この結果から表面あらさはブロックゲージを密着した場合の油膜の厚さと関係があると考えられ、油膜の厚さはブロックゲージの表面あらさと同程度であるという報告²⁾の妥当性を裏

図2(a) 表面あらさと密着トルクとの関係(さび止め油)

図2(b) 表面あらさと密着トルクとの関係(ひまし油)

図2(c) 表面あらさと密着トルクとの関係(スピンドル油)

付けている。

2.3 密着面の平面度と密着トルクとの関係

密着面の平面度は密着力に影響することは当然考えられる現象である。この平面度と密着トルクとの関係の実験結果を図3に示してある。

平面度は光波干渉計で測定し、平面度誤差の形状は密着面全面にわたって円弧状である。

密着面に対して平行な断面の長手寸法方向における平面度が密着トルクへ及ぼす影響を実験する場合には、短手方向の平面度は 0.005μ 以下とした。短手の断面寸法方向における平面度の場合には、長手方向の平面度は 0.01μ 以下とした。

図3の横軸の値はつぎのように求めたものである。すなわち密着面の平面度の異なった組合せを模型的に図4に示してある。この図において(a), (b)に示す中高および中低状の平面状態同志を組合わせたときは、上下ブロックゲージの平面度の和を密着面平面度とし、(c)の条件の中高状と中低状との平面の組合わせの場合に

図3 密着面平面度と密着トルクとの関係

図4 密着面平面度の組合わせ条件

図 5 単位長さあたりの平面度と密着トルクとの関係

には、おのおのの平面度の差の絶対値を密着面平面度として横軸の値としてある。

図 3 から見ると短手方向の平面度が密着トルクへ及ぼす影響は、長手方向の影響に比較して大である。しかし密着面平面度を単位長さあたりの平面度に換算したものを図 5 に示してある。この図から見ると長手、短手各方向の単位長さあたりの平面度と密着トルクとの関係はほぼ同等であることがわかる。

3. 油膜の厚さと密着トルクとの関係

油膜の厚さと密着力との関係は重要な問題の一つであるが、これらの関係を実験的に調べた。

油膜の厚さと密着トルクとの関係の実験結果を図 6(a)～(e) に示してある。この図においていろいろの油を使用したときの最良条件における密着トルクを求めると表 1 のようになる。この表から密着合成長さに誤差を含まないような条件における密着トルクをみいだすことができる。

油膜の厚さはつぎのように求めた。実験に使用するブロックゲージを光波干渉計により絶対寸法を測定した。トルク試験機により 2 個のブロックゲージを密着させて、比較測定器により密着合成長を求めた。この場合 2 個のブロックゲージの絶対寸法の和と密着合成長の比較測定値とが一致した場合には油膜の厚さは 0.02μ とし、両者に差があった場合には、この差に 0.02μ を加えた値を油膜の厚さとした³⁾。

表 1 密着最良条件の時の密着トルク

油 の 種 類	密着トルク (kgcm)
さ び 止 め 油	6.4
ひ ま し 油	6.0
グ リ セ リ ン	6.0
ス ピ ン ド ル 油	2.5
エチレンジリコール	4.1

つぎにトルク試験機により密着トルクを求めた後、再び比較測定機により密着合成長を測定した。密着トルクの測定前後の密着合成長が、 0.02μ をこえる差のあった場合には、密着トルクの測定値は採用しなかった。

式(1)の断面寸法 $35 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$ の場合の式より密着トルクを測定した諸条件を代入して求めた計算値と実験値とはほぼ一致していることが認められた。この結果から油膜の厚さは密着の最良条件において 0.02μ と仮定したことが妥当であったことが確認されたことになる。

図 6 (a) 油膜の厚さと密着トルクとの関係(グリセリン)

図 6 (b) 油膜の厚さと密着トルクとの関係(スピンドル油)

図 6 (c) 油膜の厚さと密着トルクとの関係(ひまし油)

図 6 (d) 油膜の厚さと密着トルクとの関係(エチレンジリコール)

図 6 (e) 油膜の厚さと密着トルクとの関係(さび止め油)

図 7 密着後の経過時間と密着トルクとの関係

4. 密着後の経過時間と密着トルクとの関係

ブロックゲージを密着してそのままの状態では放置すると、密着後時間の経過にともない密着力はしだいに上昇するといわれている。この原因について Rolt ら⁴⁾は研究の結果密着面間に介在する油の拡散によるものとしている。

密着後の経過時間と密着トルクとの関係についての実験結果を図 7 に示してある。密着作業は密着トルク試験機¹⁾で行ない、最初の密着トルクはさび止め油 6 kg cm, スピンドル油 3 kg cm を目標とした。密着作業終了後はこの試験機よりブロックゲージを取り出して、ブロックゲージの自重のみの荷重がかかるように放置した。

密着トルクは密着トルク試験機を使用して測定し、前報において述べた図 1 (b) の状態から、下のブロックゲージを回転させた時の最大値である。また密着トルクを測定した後、上下ブロックゲージは密着トルク試験機により、図 1 (a) の状態に先に述べた密着トルクを目標値として復元した。つぎの密着後の経過時間まで放置した。

この図から明らかのようにさび止め油、スピンドル油を使用した場合の密着トルクは 24 時間経過するまでの上昇度合は 24 時間以後の変化の度合より大であるが、96 時間経過してトルクの増加量は 1 kg cm 程度である。

図 8 密着面に発生したさび (×23.5)

これに対して油に手の油を使用した場合の密着トルクは前 2 者と比較して上昇する度合は大であった。しかし 48 時間経過したものの密着面を観測すると、図 8 に示すように、さびの発生していることがわかった。この場合密着トルクの上昇原因はブロックゲージ同志のさび付によるものと考えられる。他方さび止め油、スピンドル油を使用して密着した場合には、96 時間経過しても密着面にはさびの発生は観測されなかった。

5. 密着トルクの工業的応用

密着トルクの特性を解析し、密着トルクにより密着力を評価することができることが明らかになった。

前報までに報告した付着力、接線抵抗力、引張力、密着トルクおよび折離力⁵⁾について、測定精度、寸法精度との関係などを比較して表 2 に示してある。この表から見て密着トルクにより密着力を保証する方法を採用してみた。

ブロックゲージの生産面において密着トルクを管理した結果について、密着トルクの管理図の代表的なものを図 9 (a), (b), (c) に示してある。

この管理図の作成条件はつぎのとおりである。

- 1) 24 個を 1 ロットとして寸法測定を行なった結果、このロット中の寸法偏差が最良のものと最悪なもの 2 組を抜き取り、密着トルクを測定する。
- 2) 密着に使用した油は密着作業の準備を容易にするため、さび止め油と同系統のさび止めグリースを採用する。

図 9 (a) において A, B, C 点など密着トルクが低下し

表 2 各種測定法の比較

	測定精度	測定難易度	寸法精度との関係	測定可能寸法
付着力	—	不可能	有	—
接線抵抗力	高	容易	有	約 5mm 以上
密着トルク	高	容易	有	約 1mm 以上
引張力	低	困難	有	約 10mm 以上
折離力	低	困難	無	約 20mm 以上

図 9 (a) 密着トルクの管理図 (昭和 38 年)

図 9 (b) 密着トルクの管理図 (昭和 39 年)

図 9 (c) 密着トルクの管理図 (昭和 43 年)

ている点がある。この低下の原因について調査した結果、ラップ仕上用定盤の平面度が悪化したことに起因することがわかった。このためラップ仕上用定盤の平面度を

修正する周期を管理図から設定するという対策をたてた。

密着トルクを管理して以来各年度における密着トルク

図 10 密着トルクの推移

の平均値を示すと図 10 のようになる。この図から見て密着トルクは次第に上昇していることがわかり、密着トルクにより密着性を管理したことによる効果が認められる。

6. む す び

密着トルクについて検討した結果つぎのことが考えられる。

1. 密着トルクを測定した結果から推測して、密着面の表面あらさは油膜の厚さに関係してくる。密着したブロックゲージの表面あらさの和の $1/2$ が油膜の厚さにはほぼ等しくなる。

2. 最良の密着条件のときの油膜の厚さは 0.02μ 程

度であるとみなしてよいことが推測される。

3. 密着後の経過時間に比例して密着トルクは上昇するが、その上昇は 1 kg cm 程度である。

4. 密着トルクで密着力を評価することは可能である。また計測が他の力と比較して容易であり、工業的にブロックゲージの密着力を評価する方法として採用できると思われる。

おわりにこの一連の研究にご指導賜った東北大学工学部佐藤健児、萱場孝雄、松井正己教授に深く感謝するものである。またこの研究を進めるにあたり、ご教示とご援助を賜った東洋工業株式会社副社長村尾時之助氏、専務取締役竹林清三氏、品質管理部長角田馨氏、技術顧問田中重芳氏に厚く謝意を表するものである。

この研究報告は東北大学審査学位論文(博士)である。

参 考 文 献

- 1) 津村, 藤井: ブロックゲージの密着トルクの解析, 精密機械, **37**, 12 (1971) 849.
- 2) 津上: ブロックゲージ, 日刊工業新聞社 (1962) 37.
- 3) 津村, 藤井: ブロックゲージの接線抵抗力について, 精密機械, **37**, 10 (1971) 695.
- 4) F.H. Rolt, H. Barrell: Gauges and Fine Measurements, **1** (1929) 156. The Macmillan Company, New York.
- 5) 津村: ブロックゲージの密着に関する研究 (第2報), 精密機械学会東北地方講演会前刷, (1967-3).