

軸直角繰返し外力による ねじのゆるみについて

(元)信州大学工学部
賀勢 晋司

2009年2月24日

今回の内容

1. ゆるみの種類(全般)
2. 巨視的座面滑りによる場合
 - ・ゆるみの発生機構 ・実験と考察 ・限界座面滑り
3. 微小座面滑りによる場合
 - ・ゆるみの発生機構 ・実験と考察 ・ゆるみ止め性能
4. 小ねじ類のゆるみ試験
 - ・実験装置 ・実験と考察

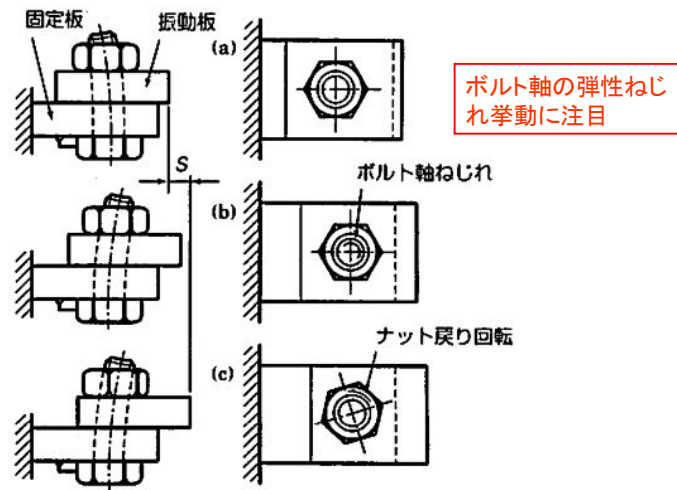
1. ゆるみの種類

戻り回転 “なし”	(1) 初期ゆるみ
	(2) 陥没ゆるみ
	(3) 微動摩耗によるゆるみ
	(4) 密封材の永久変形、塗装材の破損によるゆるみ
	(5) 過大外力によるゆるみ
	(6) 熱的原因によるゆるみ
戻り回転 “あり”	(1) 軸周り方向繰返し外力によるゆるみ
	(2) 軸直角方向繰返し外力によるゆるみ ←
	(3) 軸方向繰返し外力によるゆるみ

2. 巨視的座面滑りによる場合

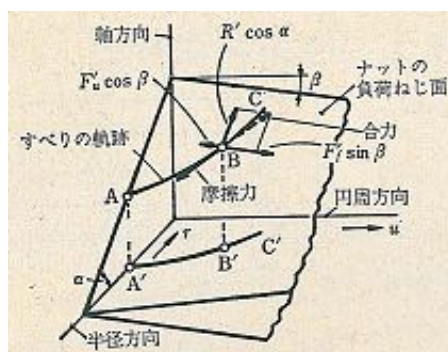
2.1 ゆるみの発生機構

(1) 基本の考え方

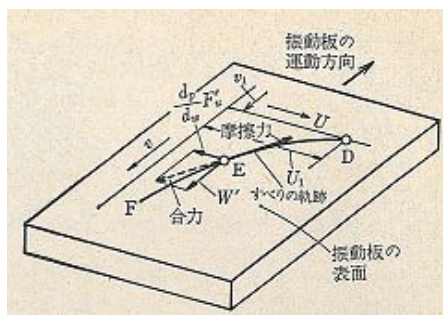


(山本賀勢)

(2) 滑り軌跡



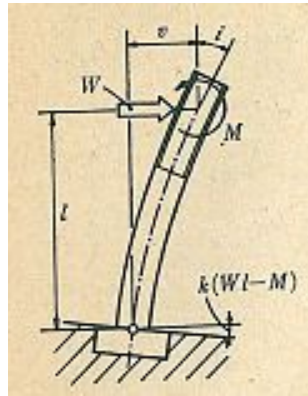
ボルトねじ山の軌跡
(ナットねじ面上)



ボルト又はナットの座面の軌跡

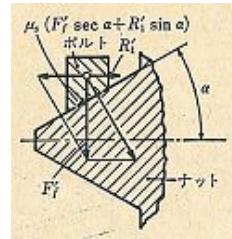
(山本・賀勢)

(3)「ボルト軸」と「はめあいねじ部」

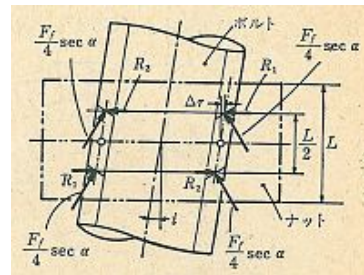


ボルト軸のたわみ

(山本・賀勢)



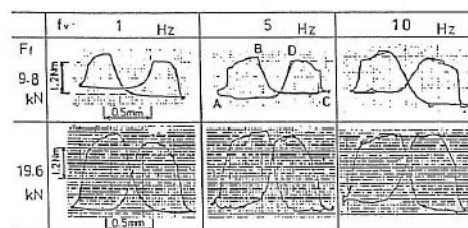
ボルトねじ山がナットねじ山を上る場合の力の関係



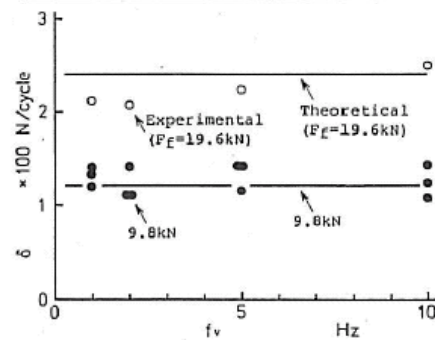
はめあいねじ部, $M=L(R_1+R_2)/2$

2.2 実験

(1)ボルト軸ねじれトルクと軸力低下

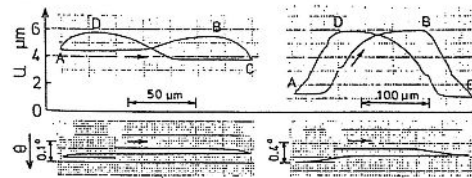


ボルト軸のねじれトルクの実測 (M10, スピンドル油潤滑)



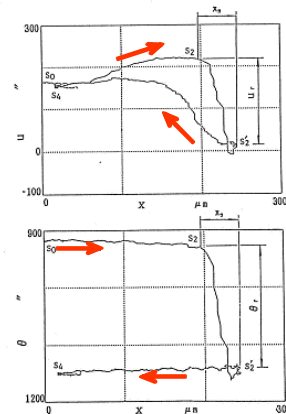
上の場合の1サイクル当たり軸力低下の理論値と実験値

(2)ボルト軸ねじれとナット戻り回転



準静的な場合

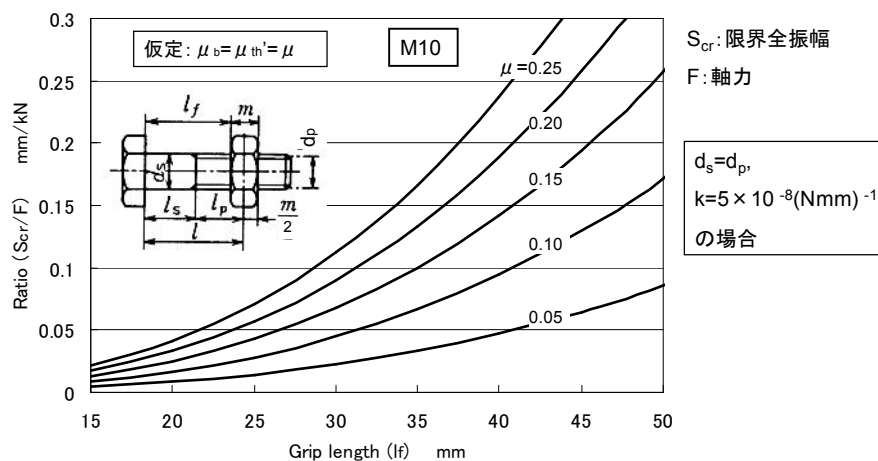
(M10, 9.8kN, マシン油
+ MoS₂潤滑)



ハンマ衝撃の場合

(M10, 9.8kN, マシン油潤滑)

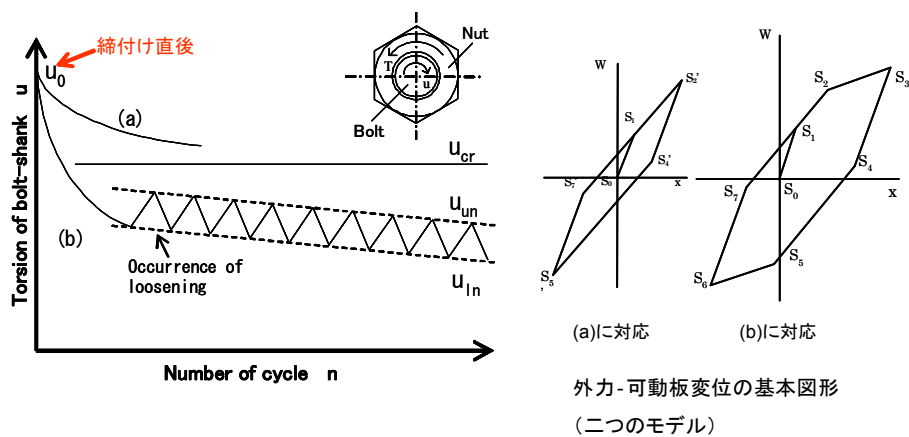
2.3 巨視的座面滑り防止の限界全振幅(計算)



(μ_b は座面の軸直角方向, μ_{th} はねじ面のつる巻線直交方向の静摩擦係数)

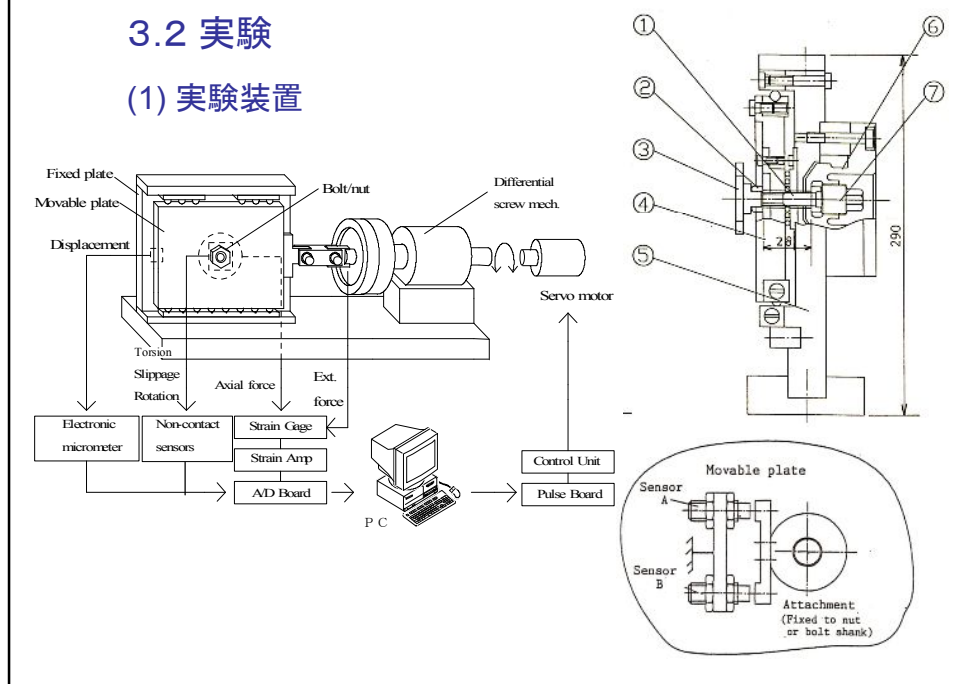
3. 微小座面滑りによる場合

3.1 ゆるみの発生機構(基本の考え方)



3.2 実験

(1) 実験装置

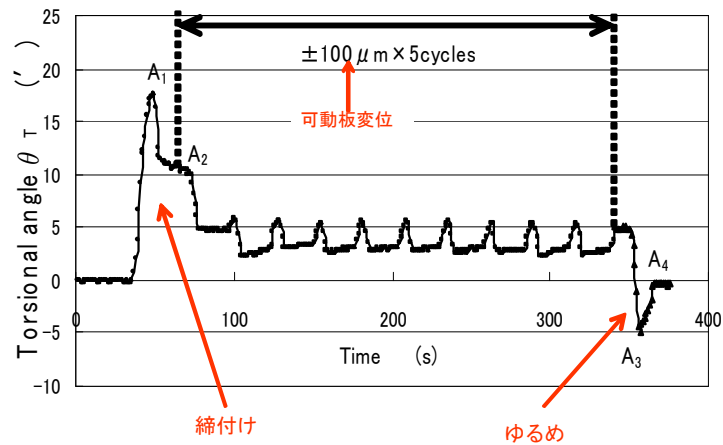


(2) 実験条件

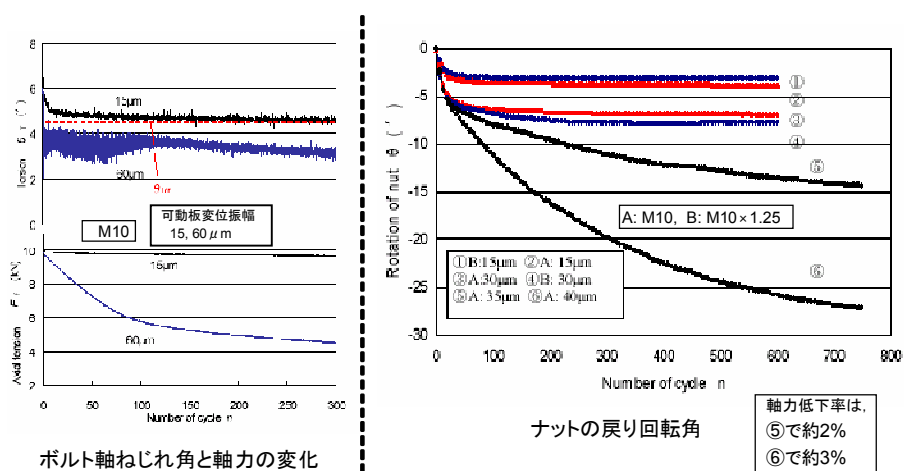
Table 1 Experimental conditions

Speed of transverse loading	Quasi-static
Amplitude of transverse displacement	Controlled
Test bolt and nut	Hexagon head bolt, hexagon nut, hexagon nut with flange (M10, M10 × 1.25, 6H/6g)
Strength class	Bolt 8.8, nut 8
Grip length	28mm
Initial axial tension	10kN
Lubricant	Machine oil + MoS ₂ powder

(3)実験結果1 ボルト軸ねじれ角の変化(締付け→変位
5サイクル→ゆるめ)



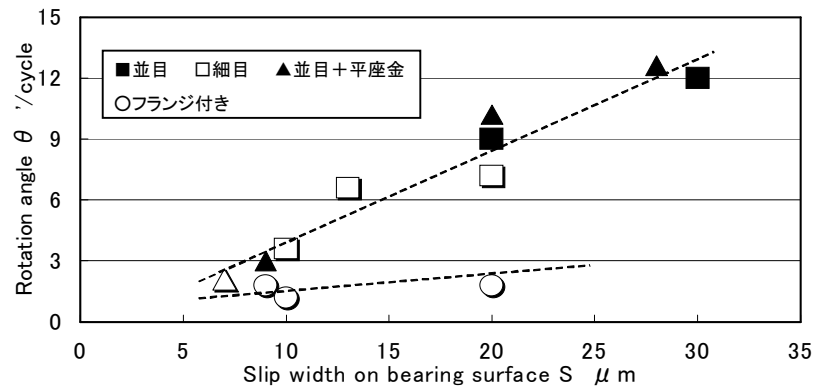
(4)実験結果2 異なる軸直角変位振幅におけるサイクル
数に対する各量変化



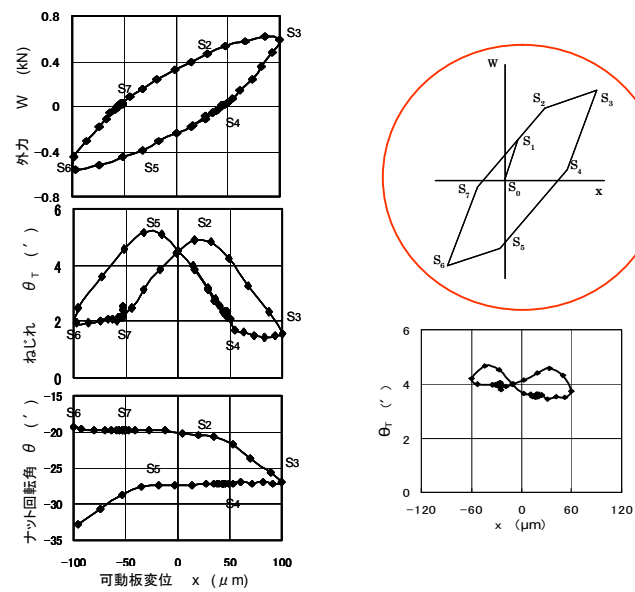
ボルト軸ねじれ角と軸力の変化

可動板変位振幅60 μm で座面滑りは
10 μm に達しない

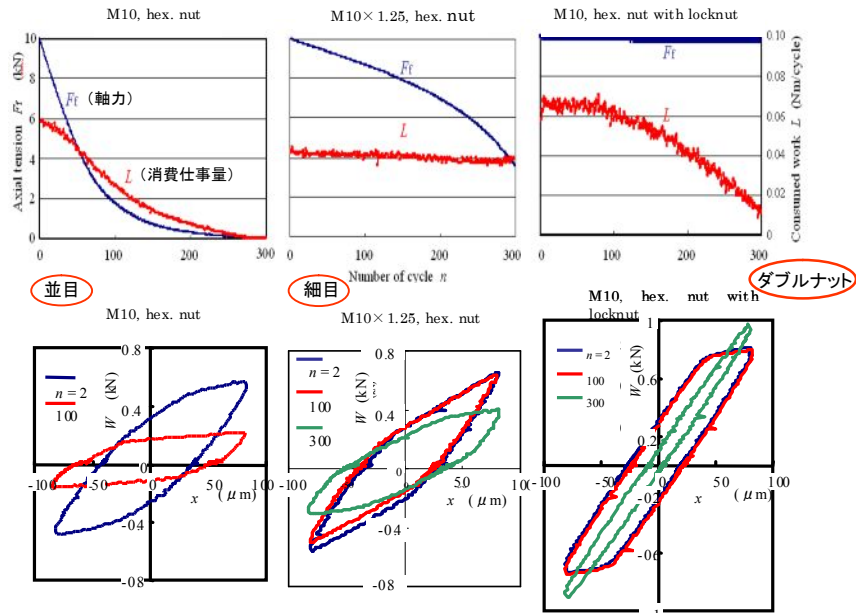
(5)実験結果3 座面滑り量(半サイクル間)とナット戻り
回転角の関係



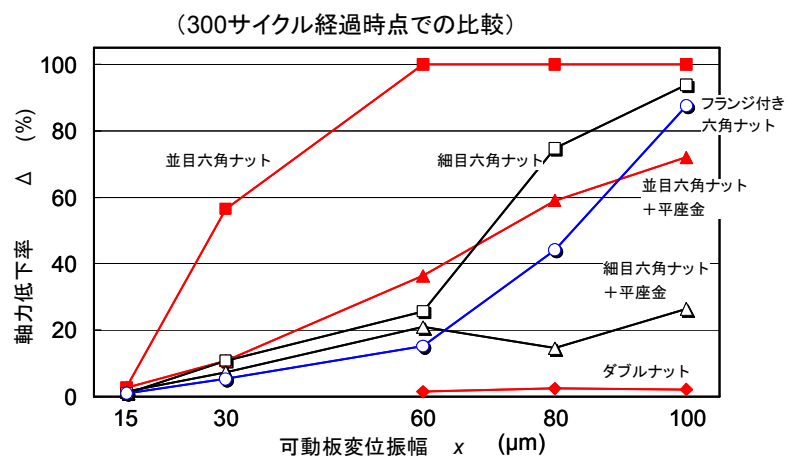
(6)実験結果4 可動板変位に対する外力, ボルト軸ねじれ角,
ナット戻り回転角



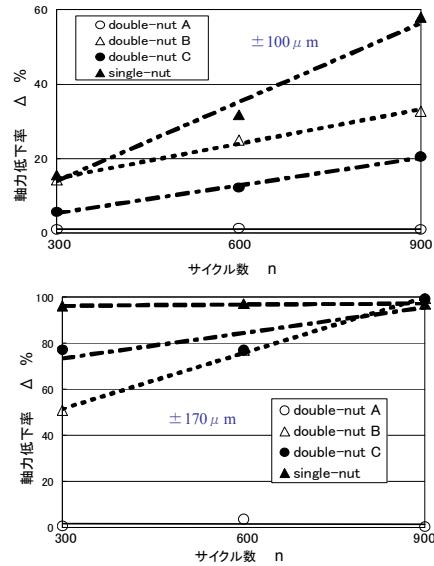
(7)実験結果5 消費仕事量と関連量の挙動



(8)実験結果6 ゆるみ止め性能(軸力低下率)の比較



(9)実験結果7 ダブルナットの性能(軸力低下率)



(注)

別の実験装置(円弧往復変位式)による

○ダブルナットA : ロッキング

十分

△ダブルナットB : ロッキング

不十分

●ダブルナットC : ロッキング

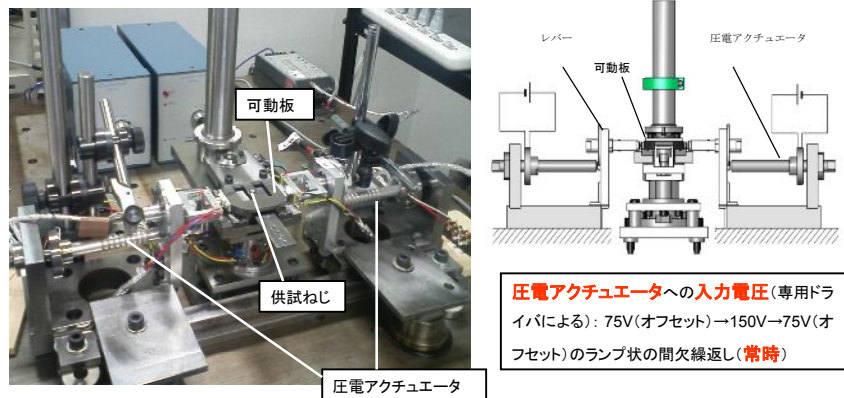
不十分

▲通常のシングルナット

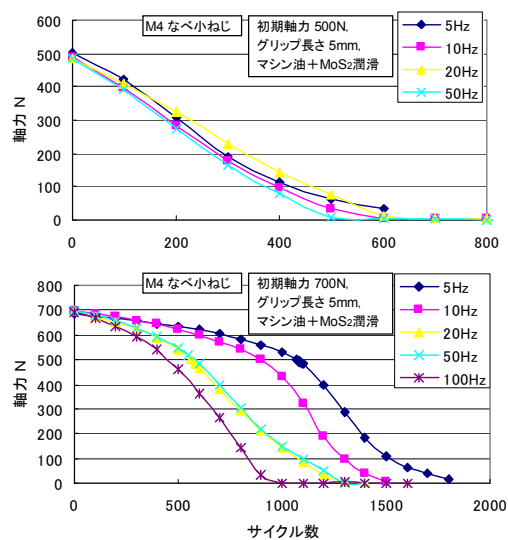
4. 小ねじ類のゆるみ試験

(日本ねじ研究協会との共同研究)

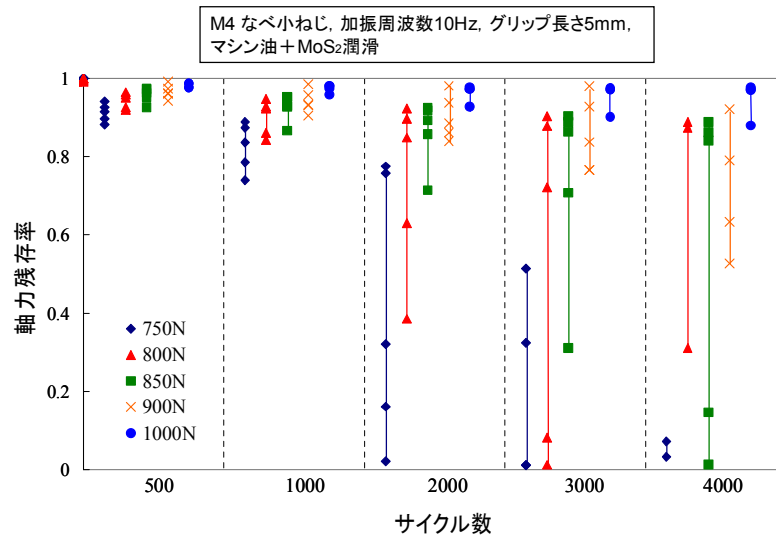
(1)実験装置



(2) 試験結果1 加振周波数が軸力低下に及ぼす影響



(3) 試験結果2 特定の加振サイクル数時点 における軸力残存率のばらつき状況



まとめ

- (ボルト)軸直角方向の繰返し外力によるねじの回転ゆるみについての検討結果を述べた。
- はめあいねじ部における相対変位によるボルト軸ねじれを戻り回転の基本的な起動要因と考えた。巨視的座面滑り及び微小座面滑りの場合についてその仮説を検証した。
- 微小でも座面滑りが繰り返されると、回転ゆるみが進行するとの認識が必要である。
- 多方面に多用される小ねじ類についてのゆるみ試験も必要。そのための試みについて紹介した。