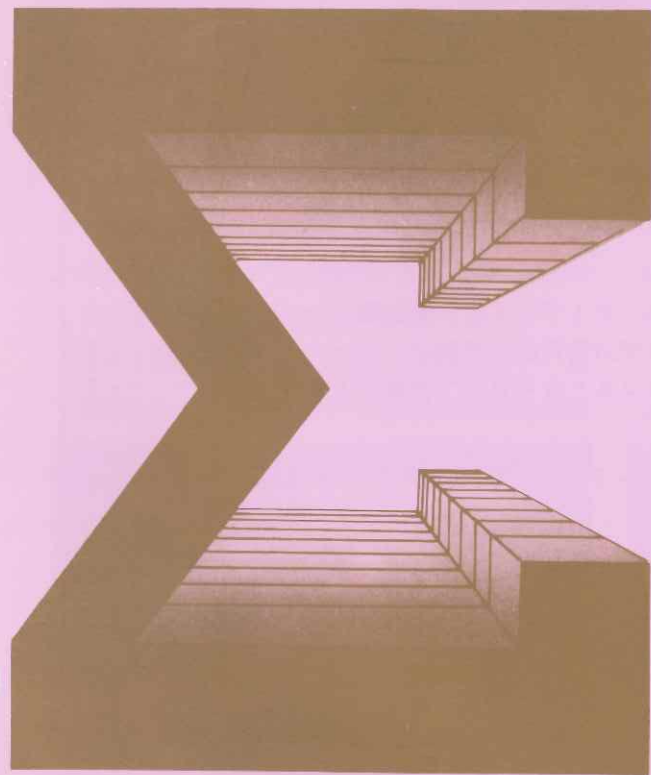


需要家のためのIB.ニュース

シグマ

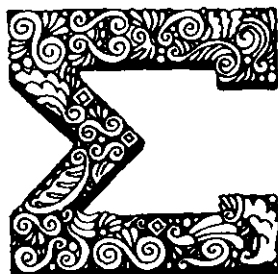


【18】イワタボルト

1985. 1

NO.42

18

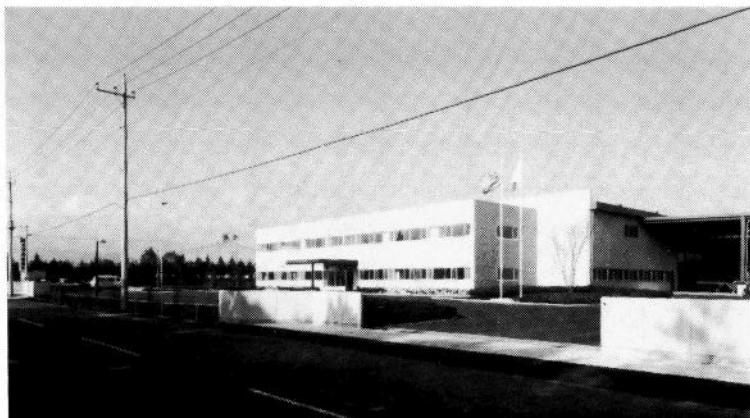


— 誌名〈シグマ〉の由来 —

〈シグマ〉はギリシャ語のアルファベット第18番目にあたるΣ (sigma)から取ったものですが、Σは微積分では総体の和を表わす記号ともなっております。そこで、1)「ねじ」は物を締めつけて完成品に仕上げる重要な部品ですから、総体の和を支えるものといえます。そして 2) 私たちは、総体(トータル)でのみ、伝票では買えないものをサービスして、総体のコスト(トータルコスト)を下げることに協力します。このためには、3)「ねじ」を供給する私たちと、それを使用される皆さんとの間に、密接な和を必要とします。こうした私たちの3つの願いをこめて名づけられたのが〈シグマ〉です。

シグマ No.42 目次

写真で見る栃木工場	1
第1期工事完成、順調に稼動を開始	
〈SOFI展示会〉	
日産自動車で新製品・新技術の説明会	4
ソニーでねじの展示会	6
〈SOFI VA〉	
ソニーより認定ランクAで自主管理確認証	7
日産自動車より販売活動貢献で感謝状	7
ヤマハ発動機よりコスト改善貢献で感謝状と楯	7
〈SOFI技術〉	
サーマガードコーティングシステムを導入	8
〈SOFI締結システム〉	
ねじの塑性域締付けとその特性	岩田雅隆…10
指導・山本 晃	
☆山形分室が出張所に、新住所で営業	7



写真で見る 栃木工場

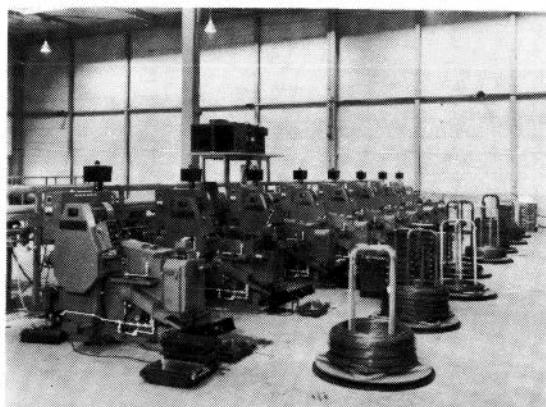
長期的構想の下、第一期工事完成
順調に稼動を開始

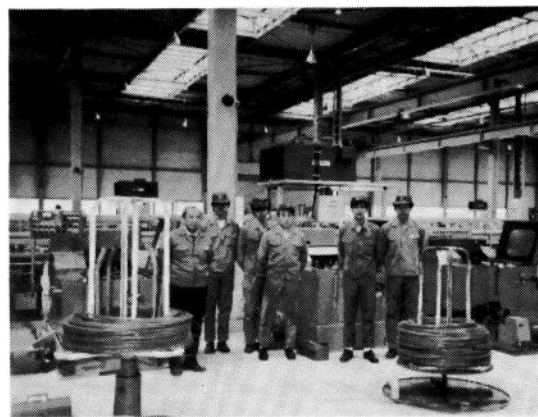
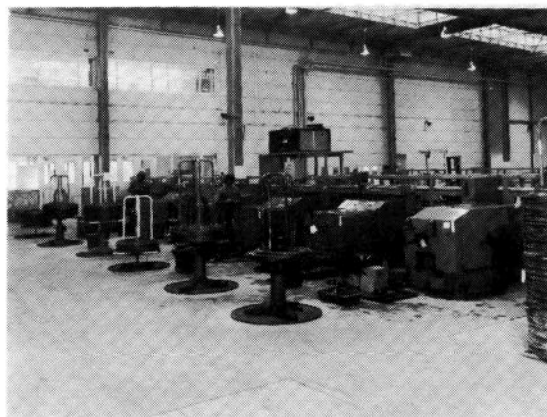
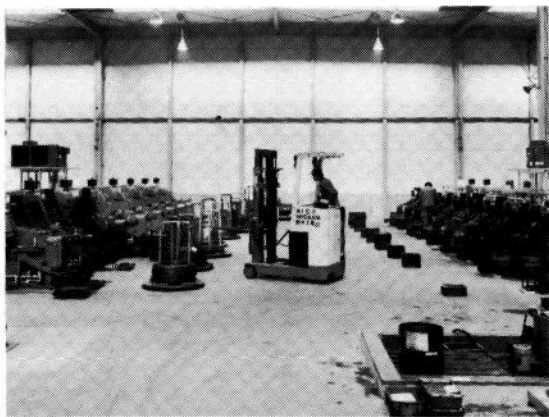
イワタボルトの栃木工場（栃木県塩谷町田谷塩谷工業団地）が完成稼動を開始して2ヵ月余、その後まずは順調な操業をつづけております。場所は日光連山を遠くに望む北関東平野の一帯、東北自動車道矢板センターからも国鉄東北本線

矢板駅からも7キロ、車で約15分。新工場は昭和56年に長期的構想の下に同工業団地に求めた敷地25,000平方メートルに、第一期工事として完成したもので、管理事務所も含めた建坪は3,300平方メートル。工事は今後、第二期、第三期、第四期と

つづく長期計画の出発点となるもので、すべての工事が完了するまでにはかなりの年月を要するものと思っております。

新工場は、設備の合理的配置、製造工程の円滑化と能率化、従業員の保健衛生面を含む作業



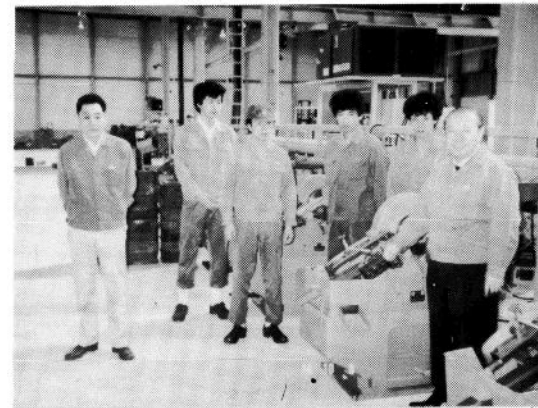
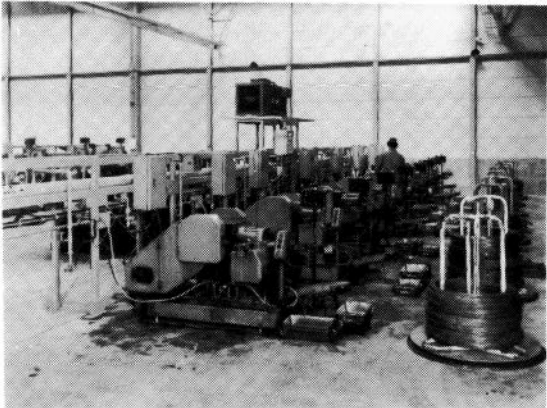


環境を考慮にいれ、フロアを広くとり天井も思い切って高くし、採光は元より騒音防止にも工夫をこらしました。設備はすべて最新の設備で高速化・自動化を通じて如何にして最小の人員で最大の効率をあげるかを狙いとしております。

勿論各機械には不良品の自動検出装置を備え、いささかの欠陥でも自動停止するようにするなど万全を期しております。また、この工場ではコンピューター利用の設計CADを活用、営業先端からファックスで送られてくる製品スケッ

チをCADで自動精密設計し図面化する仕組みになっています。更に工場の生産や管理状況がパソコンを通じて本社で当時管理できる体制になっています。

栃木工場では、いう迄もなく冷間塑性加工技

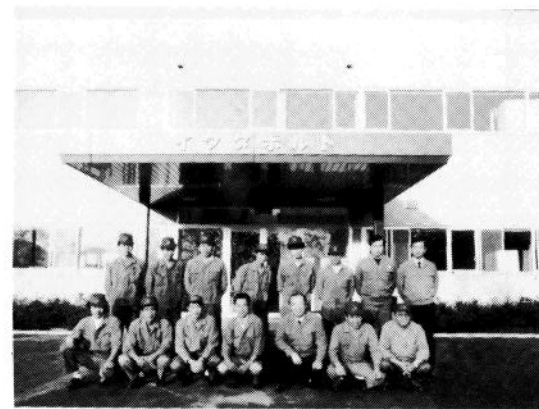




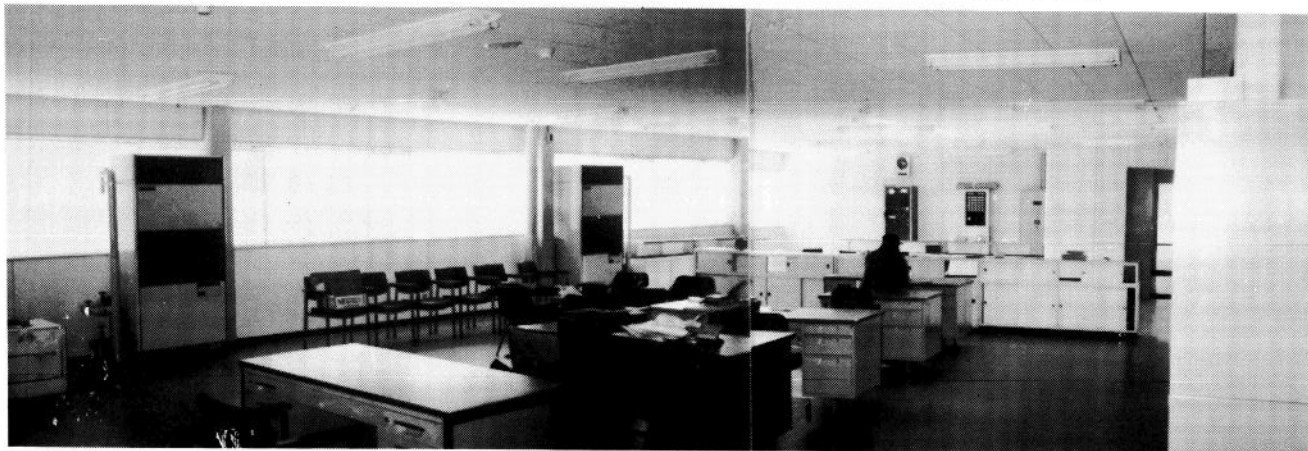
術をフルに利用した精密部品の生産が中心で、とくに「軽薄短小」時代のニーズに応じて精密にして技術力を結集したねじ部品が主力になりますが、それだけに品質管理と試験・検査体制の充実に努める方針です。



栃木工場の稼働は、イワタボルトが常日頃揚げる SOFI（イワタボルト最適締結システム）の一環をなすもので、締結プロセスの合理化から最終製品のトータルコスト低減の流れにそうものです。従来の有力協力工場との緊密な提携



をより強化しながらこの基本的構想の具体的展開を図る所のがわれわれの目標です。





日産自動車の

テクニカルセンターと
鶴見エンジン設計で

新製品・新技術の説明会



イワタボルトでは、日産自動車(株)のテクニカルセンター(神奈川県厚木市)と鶴見エンジン設計(横浜市鶴見区)で、ねじの「新製品・新技術説明会」を催しました。

テクニカルセンターでの説明会は、少し遅りますが5月24日、センター本館3階大会議室で開かれ、イワタボルト・ソフィセンターの展示商品から自動車向けのねじを①弛み止め、②防錆樹脂、③工数低減、④締結向上、⑤VA事例、⑥作業性向上、⑦軽量化など機能的に分類し展示しました。

当日は車体設計に関するエンジニア300名近くが来場、とくに新製品としてはセルフパーリングスクリュー、防錆機能のすぐれたサーマガード・コーティングシステム、工数低減のピアス

ナットシステムに対する関心が高く、データやサンプルの依頼があいつぎ、また実演コーナーでは、ゆるまないナット「ダブルロックナット」に人気が集まり設計者の日頃の関心の一端を示していたのが注目されました。

鶴見エンジン設計での説明会は、秋も紺の10月31日、1号館講堂で開かれ、展示会と並んで講演会も催しました。

展示会では、①作業性向上、②弛み止め、③締結向上、④防錆樹脂、⑤軽量化、⑥圧造品、⑦工数低減など機能別に製品を分類しましたが、とくにここは、車の中核にあたるエンジン設計を担当しているだけに、高温や振動に対する弛みの防止、防錆、作業性向上を狙いとした製品を中心に展示し、併せて実演も行いました。

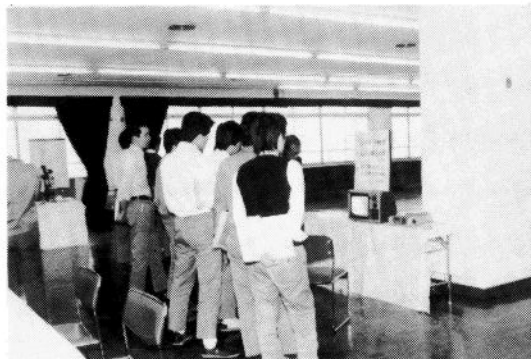
当日来場した設計エンジニアは200名をこしアンケートにも熱心な回答が寄せられましたが、質問やアンケート回答の中で目についたのは、これまでの表面処理では高温に対し防錆力が弱い所から、イワタボルトが導入したサーマガード・コーティングにきわめて強い関心が寄せられたことその他、ねじ部品では、従来の六角頭十字穴に代るトルク伝導率の高いラインヘッドシステムにも関心が集ったことです。

何しろ、何れもエンジン設計については若いながらベテラン揃いで、写真でもお分りのように、夫々の製品コーナーに集ってはひとつひとつ手にとって確かめ、その間に展示担当係にいろいろと鋭い質問をあげせかけるなど、活気と熱気のある雰囲気でした。

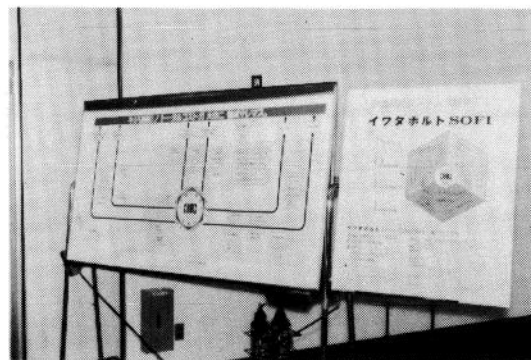
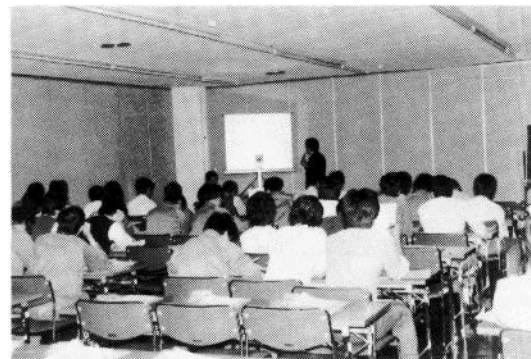
講演会ではイワタボルトが最近完成した(第



一期工事) 栃木工場の岩田雅隆工場長が講師となり、「ねじの塑性域締付けとその特性」をテーマに講演をしました。これは①ねじの理論と実際、②ねじのゆるみ、③ねじの締付けと特性に分けて行われ、とくにねじの締付けと特性については、トルク法による弾性域締付けの理論と実験、ねじの塑性域締付け、トルク勾配法によるねじの塑性域締付けの実験に関し、テキストに基き概略の説明が行われました。この内容については別稿に掲載しましたので御参照下さい。とくにここではねじの軸力管理について、SPSアンブラコのセンサーⅠによる軸力管理の締付けを実演しましたが、エンジン締付の中心をなすコンロッドボルトに関し、設計、実験のデータやサンプル等、事こまかい質問が多いのが印象的でした。



以上のように、日産自動車におけるテクニカルセンターとエンジン設計という、中枢分野での春と秋の説明会は成功裡に終わりましたが、この貴重な経験をどう実りの多いものに仕上げるか、今後の大きな課題といえます。

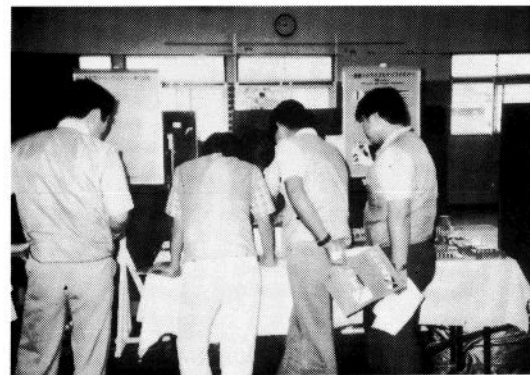




ソニー厚木工場で

ねじの展示会

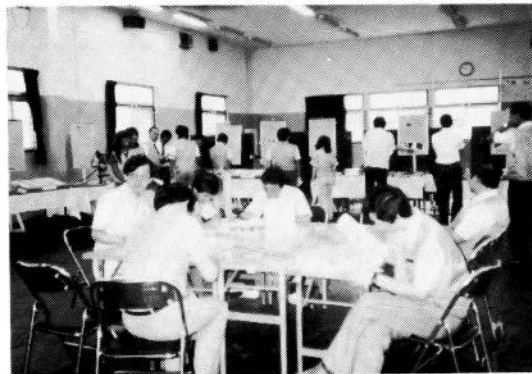
実り多かった
若いエンジニアとの接触

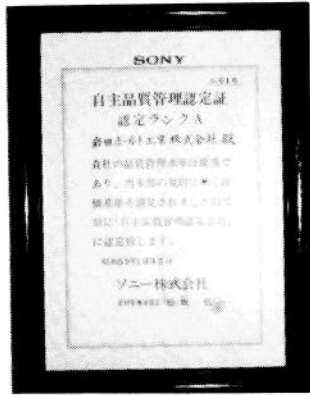


イワタボルトでは1984年9月5日、神奈川県厚木市旭町のソニー(株)厚木工場の体育館でねじの展示会を開催しました。展示の内容は冷間塑性加工による精密部品、VA成功の商品群、樹脂ファスナー、自社開発の商品群など数千点の他ファスナーに関する外国のカタログや資料などバラエティに富み、更に機能を評価するた

めの締付けの実演コーナーを設けました。この工場はエレクトロニクスの先端をいくだけに、会場には技術やエンジニアリングを担当する若々しい精鋭が次から次へとつめかけ、その数も300名をこす盛況ぶり。とくに軽薄短小のニーズを反映するかの如く、来場者の関心は小ものサイズに注がれ、その強度や締結の信頼性、作

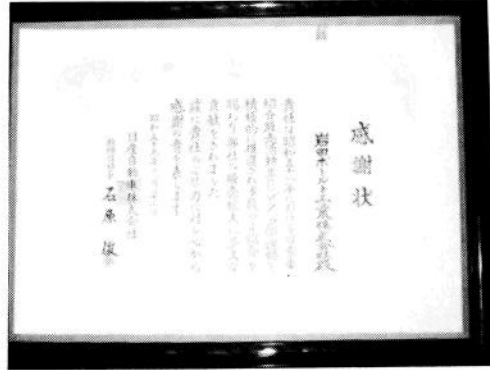
業性、コストについて熱心な質問が行われました。実演コーナーではいかにも若いエンジニアらしく、納得のいくまで何度も試して確かめる風景も見うけられました。またアンケートに対しても殆んどの方が回答を寄せられました。何れにせよ、現場の方たちとの幅広い接触はわれわれの進むべき方向を示唆し貴重な催しでした。





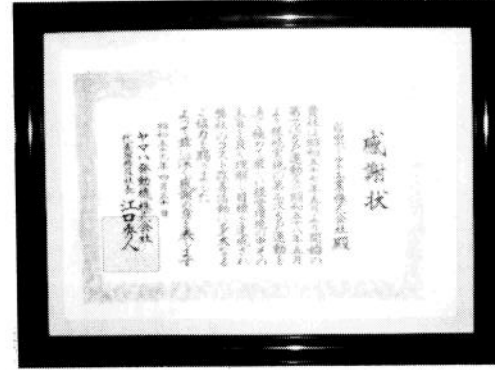
ソニーより自主管理認定証

イワタボルトでは、ソニー(株)資材管理本部より、品質管理体制の確立及び安定した出荷品質の永続的保証をする制度を推進し、部品品質の向上を目指す目的で品質重視の評価をして載きました。その結果、「認定ランクA」で品質管理水準は優秀で同社の規制に基く評価基準を充たしたとの理由で認定証を授与されました。



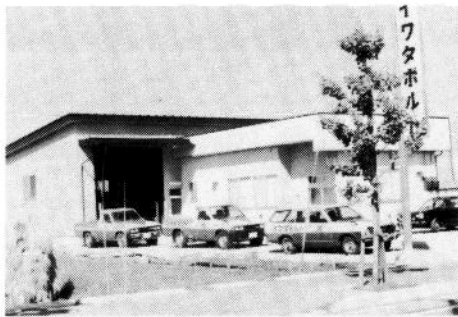
日産自動車より
販売活動貢献で感謝状

イワタボルトでは、日産自動車(株)より「日産車紹介活動並にアタック60運動の主旨をよく理解し、販売活動に多大の貢献をした」との理由により感謝状を贈呈されました。



ヤマハ発動機より
コスト改善貢献で感謝状と楯

イワタボルトでは、ヤマハ発動機(株)より、第2次5P運動を通じ数多い協力工場の中から選ばれ、コスト改善に貢献したとして、「VA活動によるコスト低減と物流の合理化に貢献」との内容の感謝状と楯を贈呈されました。



山形分室が山形出張所に
新住所で営業

山形分室が山形出張所に変わり住所も移転、営業を開始しております。陸奥(みちのく)をふた分け様に聳え給う云々と、郷土の歌人斉藤茂

吉が歌った蔵王山を東に望み、南には五月雨(さみだれ)を集めて早し云々と芭蕉の吟じた最上川の流れる山形市郊外。主任広瀬信一、外7名の小世帯ですが意気旺んです。どうぞ宜しく。
〒990 山形市桜町3-8-8
電 (0236)42-2308代表 FAX (0236)42-2369

抜群の耐熱・防錆性能

サーマガードコーティングシステム を導入

サーマガードコーティングシステム(Serma Gard Coating System)は米国サーマテック(Sermatech International Inc.)社によって開発された新しい耐熱・防錆システムです。この度イワタボルトでは、同社との技術提携により関連設備の導入を完了しました。

サーマガードコーティングシステムの特長

1. 耐食性に優れています。
塩水噴霧試験によって 1,000時間以上を保障します。
2. 耐湿性に優れています。
耐湿試験によって 1,000時間以上を保障します。
3. 耐熱性に優れています。
各種の耐熱試験によって 600℃までを保障します。
4. 各種化学薬品に対して優れた対腐食性を示します。

☆各種表面処理と比較した
サーマガード



5. 水素脆性の心配がありません。
加工工程において酸洗い、電気化学処理など脆性原因となる処理は一切行いませんので水素脆性の心配は全くありません。
6. 皮膜が均一です。
特殊な工程および塗装設備によって均一な塗装皮膜が得られます。

サーマガードコーティングの種類

サーマガードコーティングは微小粒ショットによるショットブラストによって調整された鉄素地に、アルミニウム微粉末の充満したセラミックの結合溶液をベースコーティングし、次に

上塗りのトップコートとして、シーラーの役をするフッ素カーボン変性のシリコンをコーティングするものです。

〈ベースコートの種類〉

サーマガード 902：薄膜用で、比較的小物部に適しています。

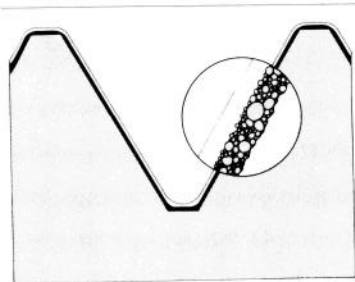
〈トップコートの種類〉

サーマガード 903：茶色

サーマガード 913：灰色

サーマガード 917：黒色

サーマガード 934：銀色



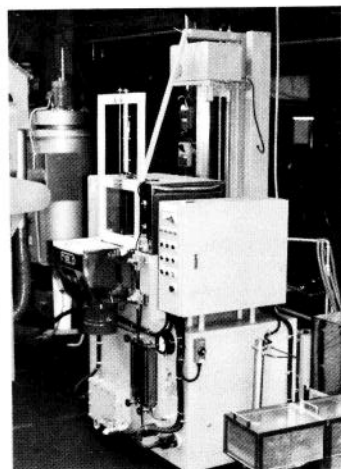
☆ねじ山コーティングの部分拡大図

☆サーマガードコーティングの加工工程→

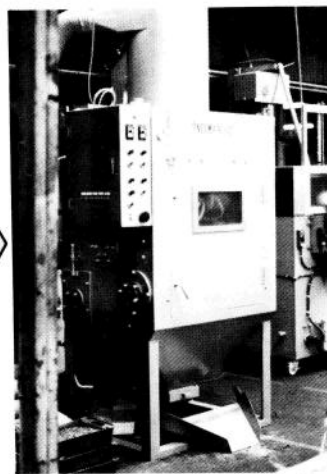
サーマガードコーティングの主な加工工程

サーマガードコーティング902、917の主な加工工程は次の如くです。

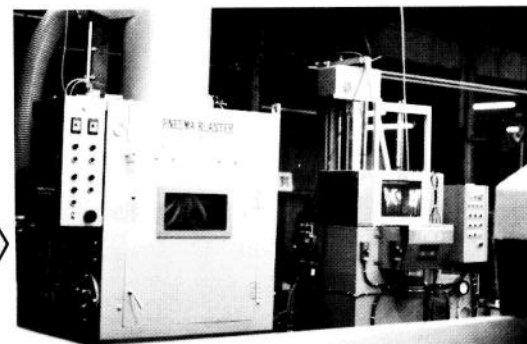
- (1) 加工部品の確認検査
- (2) 脱脂自動洗浄機による。(写真 1、2、3)
- (3) ショットブラスト第1
タンブラー式ノズルブラスターによる。
- (4) ベースコート902 第1回塗装 (写真 5)
ダイブ・スピン塗装機による。
- (5) 加熱 (写真 4)
ベルトコンベア式連続加熱炉による。
- (6) ベースコート902 第2回塗装
ダイブ・スピン塗装機による。
- (7) 加熱 (5)と同じ。



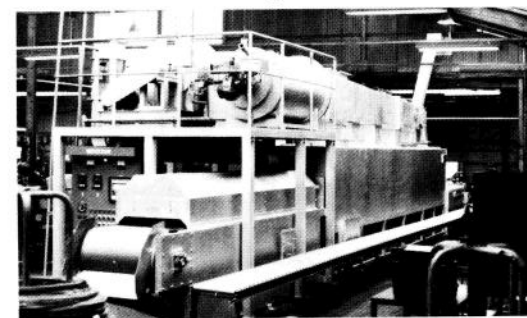
①洗浄機



②ブラスター

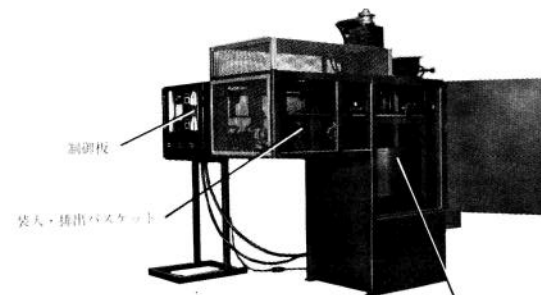


③ブラスターと洗浄機



④加熱機

⑤ダイブ・スピン塗装機



ダイブ・スピン機所

- (8) ショットブラスト第2 (バーニッシュ)
タンブラー式ノズルブラスターによる。
- (9) 電気伝導性試験
電気伝導度試験機による。
- (10) トップコート917 第1回塗装
ダイブ・スピン塗装機による。
- (11) 加熱
ベルトコンベア式連続加熱炉による。
- (12) トップコート917 第2回塗装
(10)と同じ。
- (13) 加熱 (11)と同じ。
- (14) 検査
形状・寸法検査。
表面状態検査。

ねじの塑性域締付けとその特性

岩田 雅 隆

岩田ボルト工業(株)栃木工場長

指導・山本 晃

東京電機大学教授

1. トルク法による弾性域締付け(理論)

図1のようなトルクレンチを用いて、ボルトの締付け軸力を管理する方法である。

締付けトルク T_f と締付け軸力 F_f との間には次の関係がある¹⁾。

$$T_f = \frac{1}{2} F_f \{ d_p (1.15 \mu_s + \tan \beta) + d_w \mu_w \} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 d_p : おねじの有効径 (計算には基準寸法 d_2 を用いる)

β : ねじのリード角
 $\tan \beta = P / (\pi d_p)$, P : ピッチ
 μ_s : ねじ面における摩擦係数
 μ_w : 座面における摩擦係数
 d_w : 座面接触部の平均直径

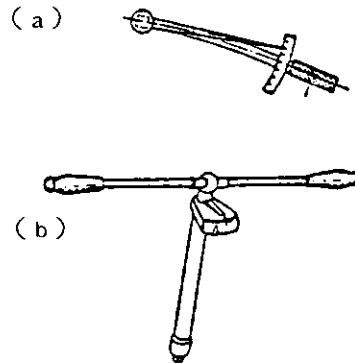


図1. トルクレンチ

せん断ひずみエネルギー説によれば、締付けによって発生する引張り応力を σ 、振りによるせん断応力を τ とすれば、

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \dots\dots\dots(2)$$

なる関係にある σ_v (等価応力という) 値がその材料の降伏点 σ_y に達したとき降伏する。

ねじの場合、 σ と τ は

$$\sigma = \frac{F_f}{A_s}, \quad \tau = \frac{\frac{1}{2} F_f d_p (1.15 \mu_s + \tan \beta)}{\frac{\pi}{16} d_s^3} \dots\dots\dots(3)$$

で計算される。ここで、 A_s はねじの有効断面積、 d_s は面積が A_s に等しい円の直径である。

式(3)より

$$\frac{\tau}{\sigma} = 2 \frac{d_p}{d_s} (1.15 \mu_s + \tan \beta) \dots\dots\dots(4)$$

となる。かりに、 $\tan \beta = 0.044$ ($\beta = 2^\circ 30'$)、 $\mu_s = 0.15$ 、 $(d_p/d_s) = 1.05$ とおけば、式(4)は

$$\tau = 0.46 \sigma \dots\dots\dots(5)$$

式(5)を、式(2)に代入すれば、

$$\sigma_v = 1.28 \sigma \dots\dots\dots(6)$$

となる。 $\sigma_v = \sigma_y$ とおけば、

$$\sigma = 0.80 \sigma_y \dots\dots\dots(7)$$

となる。

1) 山本 晃：ねじ締結の理論と計算(養賢堂) P.77

つまり、締付けのさいのねじりによって降伏応力は単純引張りのものよりもその80%に低下する。

ねじ締結体に外力が作用したときボルト軸部に追加される応力を $0.1\sigma_y$ 以内に制限するものとすれば、締付けのさいボルトに許される最大応力 σ_{fmax} は、

$$\sigma_{fmax} = (0.8 - 0.1)\sigma_y = 0.7\sigma_y \quad \dots\dots\dots(8)$$

となる。

締付けのさいボルトに許される最大軸力 F_{fmax} は、式(8)の両辺に有効断面積 A_s を乗じて

$$F_{fmax} = 0.7F_{ymin} \quad \dots\dots\dots(9)$$

で与えられる。ここで、 F_{ymin} は規格で定められた最小降伏点 σ_{ymin} に A_s を乗じてえられる値である。

締付けのさい、トルクレンチの目盛りを所定の値に合わせても実際に加えられたトルクは一定ではない。摩擦係数 μ_s 、 μ_w もその都度ばらつく。従って発生した軸力は $F_{fmax} \sim F_{fmin}$ の

間でばらつく。いま、

$$\frac{F_{fmax}}{F_{fmin}} = Q \quad \dots\dots\dots(10)$$

とにおいて、そのばらつきの程度を Q (締付け係数という)で表わす。表1はユンカー²⁾が与えた Q の値である。

ボルト・ナットとも表面処理なし、油潤滑の場合のトルクレンチによる締付けでは、表1によれば $Q=1.4$ である。従って、式(9)および式(10)より、締付けのさいの最小軸力 F_{fmin} は、

$$F_{fmin} = \frac{0.7}{1.4}F_{ymin} = 0.5F_{ymin} \quad \dots\dots\dots(11)$$

となる。

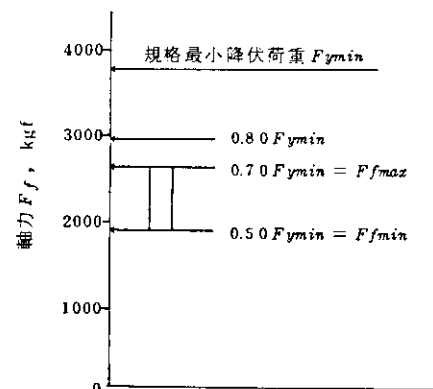


図2. M10, 8.8ボルトに対する F_{fmax} および F_{fmin} の値

表1. 締付け係数 Q の値 (Junker)

締付け係数 Q	締付け方法	表面状態		潤滑状態
		ボルト	ナット	
1.25	トルクレンチ	マンガン磷酸塩		油潤滑 または MoS_2 ペースト
1.4	トルクレンチ, トルク制限付きレンチ	無処理 または 磷酸塩	無処理 または 磷酸塩	
1.6	インパクトレンチ ボルトの伸び測定	すべての場合	すべての場合	すべての場合
1.8	トルクレンチ トルク制限付きレンチ	無処理 または 磷酸塩	無処理	潤滑せず
2	インパクトドライバ 動力ドライバ	亜鉛またはカドミウムメッキ	無処理	油潤滑 または 潤滑せず
		亜鉛メッキ	亜鉛メッキ	
		カドミウムメッキ	カドミウムメッキ	
3	ナット回転角法	すべての場合	すべての場合	すべての場合
	長柄スパナによる人力締付け	すべての場合	すべての場合	すべての場合

2) G. Junker, u. U. Blume : Draht-Welt, 50—8.10. 12(1964—8.10. 12) P. 527, 663, 791.
表1は文献1)のP.76から引用した。

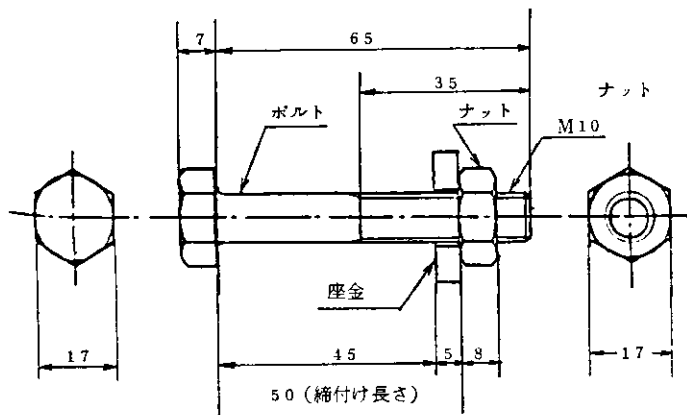


図3. 試験品の形状寸法

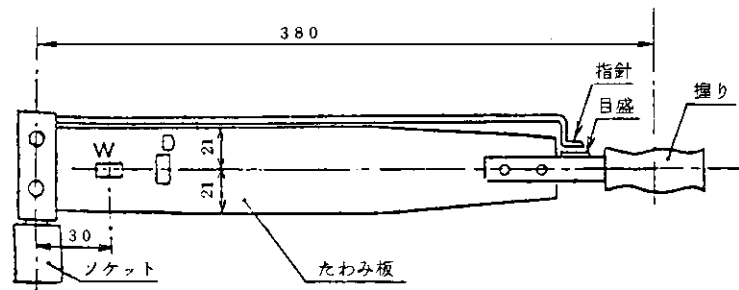


図4. トルクレンチとひずみゲージ貼布位置

M10, 強度区分8.8のねじの場合 $\sigma_{ymin}=64$ kgf/mm², $A_s=58.0$ mm², $d_s=8.59$ mm, $d_p=9.026$ mmであるから, これらの値を用いて計算した F_{ymin} , F_{fmax} および F_{fmin} の値を図2に示す。

トルク法によりねじの締付けを行うさいには, $F_f = (F_{fmax} + F_{fmin})/2$ を式(1)に代入し, μ_s , μ_w の値は適宜推定して計算された T_f をトルクレンチ用トルクの指示目標値とする。

2. トルク法による弾性域締付け(実験)

試験ボルトは, M10×65並形六角ボルト, 亜

鉛めっきクロメート処理, 強度区分8.8, 試験ナットは, M10並形六角ナット2種, 亜鉛めっきクロメート処理, 強度区分8を締付け長さ $l_f=50$ mmで用いる。それらの主要寸法を図3中に示す。

図3中に示されている座金は表面あらさ12.5 Sの鋼製で共回り防止のため六角形状をしている。

潤滑油としてマシン油(#120)を用い, ナットを回転して締め付ける。ナットの回転速度は4 rpm を目標として手回わしで行う。試験品は同条件で10回行い, 各回毎に試験品を取り換える。

トルクレンチは, 東日製作所製F型(1300F

型式)のものを用い, 図4に示す位置にひずみゲージを貼布して締付けトルク値 T_f を自記させる。

試験機は自製であって, その要部を図5に示す。ロードセルの穴底にボルト頭を置き, まわり止めする。ロードセルの平行円筒部の外側にひずみゲージを貼付し, 十字形のもので軸力 F_f , X字形のもので軸トルク T_s を検出し, 自記させる。自動記録計は三栄測器製ビジグラフ(6チャンネル)を用いた。

$$\text{規格 } \sigma_{ymin} = 8 \times 8 = 64 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\text{規格 } F_{ymin} = 64 \times 58.0 = 3712 \text{ kgf}$$

$$\text{式(9): } F_{fmax} = 0.7 \times 3712 = 2598 \text{ kgf}$$

$$\text{式(11): } F_{fmin} = 0.5 \times 3712 = 1856 \text{ kgf}$$

$$F_f = (3712 + 2598) / 2 = 2227 \text{ kgf}$$

式 (1) において, $d_p = 9.026 \text{ mm}$, $d_w = 13.5 \text{ mm}$,
 $\tan \beta = 1.5 / (\pi \times 9.026) = 0.0529$, $\mu_s = \mu_w =$
 0.15 および $F_f = 2227 \text{ kgf}$ を代入すれば,

$$T_f \doteq 4500 \text{ kgf}\cdot\text{mm}$$

となるので, トルクレンチのトルク指示目標値
 は $450 \text{ kgf}\cdot\text{cm}$ とする。

自記記録から読み取った F_f , T_s および T_f
 の値ならびにそれらの平均値 \bar{x} と標準偏差 s の
 値を表 2 に示す。

式 (1) 右辺の第 1 項は軸トルク T_s を, 第 2
 項は座面でのトルク抵抗 $T_w (= T_f - T_s)$ を示
 す。

従って,

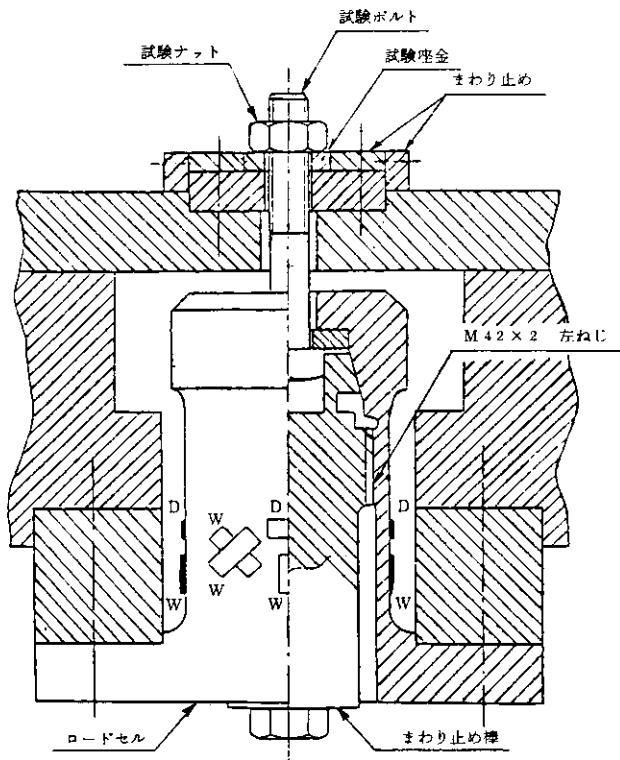


図 5. 試験機の要部

表 2. トルク法による弾性域締付け実験データ

試 験 品 番 号	F_f kgf	T_s kgf \cdot mm	T_f kgf \cdot mm	μ_s	μ_w
1	2000	2100	4500	0.156	0.178
2	1600	1750	4400	0.165	0.245
3	1600	2000	4500	0.195	0.231
4	2000	2000	4400	0.147	0.178
5	2000	2000	4500	0.147	0.185
6	2000	2000	4500	0.147	0.185
7	2200	2250	4600	0.151	0.158
8	2000	1750	4500	0.123	0.204
9	2400	2000	4600	0.115	0.160
10	2200	2250	4500	0.151	0.151
平均値 \bar{x}	2000	2010	4500	0.150	0.188
標準偏差 s	249	170	67	0.022	0.031

潤滑油

- 1 : マシン油 (#120)
- 2 : さび止め潤滑油 (NP-7)
- 3 : グリース (NK701)
- 4 : $M_0 S_2$ ベースト

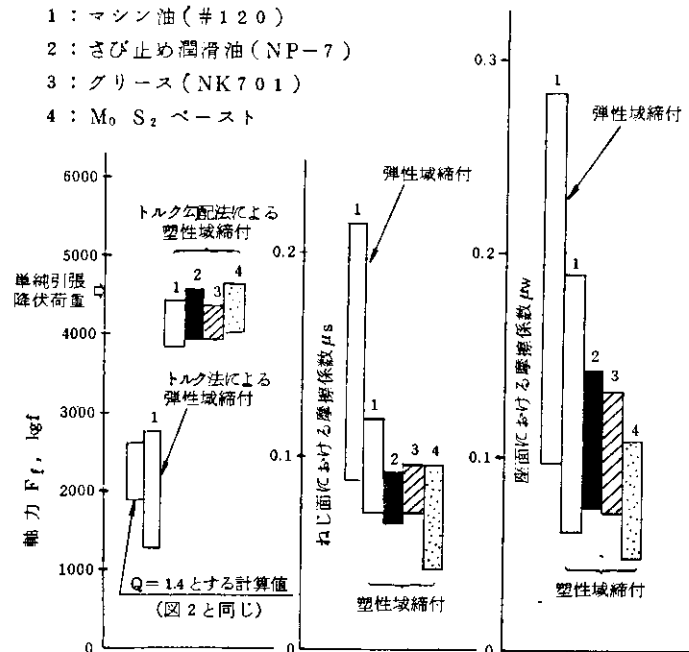


図 6. トルク法による弾性域締付け, トルク勾配法による塑性域締付けに対する軸力, ねじ面における摩擦係数および座面における摩擦係数の比較

$$\mu_s = \left(\frac{2T_s}{F_f d_p} - \tan \beta \right) \frac{1}{1.15} \dots\dots\dots(12)$$

$$\mu_w = 2 \frac{T_f - T_s}{F_f d_w} \dots\dots\dots(13)$$

の両式で μ_s および μ_w を計算することができる。表 2 中にそれらの値、平均値および標準偏差が示されている。

これらの実験データにもとづいて、 $\bar{s} \pm 3s$ の範囲を棒グラフで示したものを図 6 中に示す。

図 6 を図 2 と比較すれば、ユンカーの与えた Q の値は小さすぎ、 $Q \approx 2.2$ でなければ実際的でないことがわかる。

また、締付けのさい起こりうる最小軸力 $F_{f,min}$ は 1250kgf にすぎず、これは $F_{s,min}$ 3712kgf の 33% にすぎないので、ボルト材料の利用効率からいって、最近の軽薄短小設計の傾向に逆行するものといわざるをえない。

3. ねじの塑性域締付け

従来の機械設計においてはねじといえども機械の一部であるから降伏点を超える設計をしてはならないとされ、トルク法による弾性域締付け

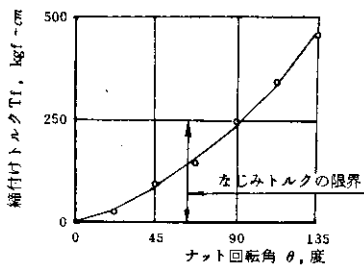
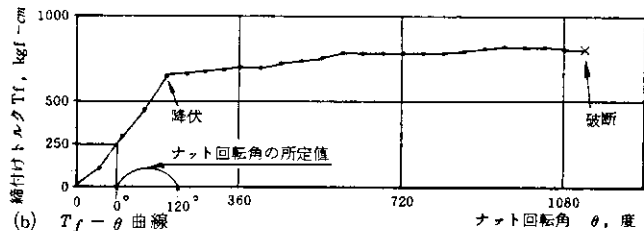
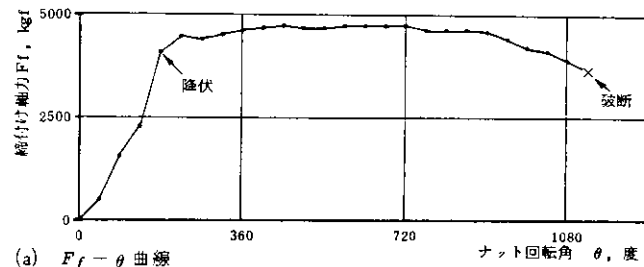
が主流であった。しかるに、前述のようにトルク法の欠点が明らかになるにつれて塑性域締付けが着目されるようになった。

ねじの塑性域締付けとは、締付けによって生じるボルトの軸方向応力、厳密にいえば式(2)による等価応力 σ_e がその材料の降伏点（または耐力）を超えた領域で締付けを行う方法である。

ねじの塑性域締付け法に、ナット回転角法とトルク勾配法とがある。ナット回転角法は、ナット回転角 θ と締付け軸力 F_f との関係が立上りの曲線から直線に移行する点、つまりなじみトルクの限界をトルクレンチで検出し、そこを原点とするナットの回転角を読んで所定の角度のところで締付けを停止する締付け方法である。

なじみトルクの限界は、予備実験を行い、たとえば図 7 (c) の場合は 250kgf-cm となる。ナット回転角の所定値は、

図 7 (a) および (b) の実験からわかるように、締付け軸力 F_f および締付けトルク T_f の降伏がナットと同じ回転角位置で起っていることを利用する。すなわち、図 7 (b) においてトルク限界（この場合は 250kgf-cm）に相当するナット



(c) $T_f - \theta$ 曲線
(立ち上がり部詳細)
実験条件：
M10×6.5-8.8
締付け長さ $L_f = 5.0$
被締付け物のばね
定数 $k_c = 1.23 \times 10^3 \text{ kgf/mm}$

図 7. ナット回転角に対する F_f 、 T_f の変化曲線

回転角位置を原点として、そこから測って降伏回転角をいくらか超えた位置までの角度をばらつきを考慮して適宜にきめる（この場合は 120° が選ばれている）。

降伏回転角を超えると、ナット回転角に対する軸力の勾配が小さいので、締付け停止回転角の判定に多少の誤差があってもそれが締付け軸力に及ぼす影響が小さいこと、また図7(a)の

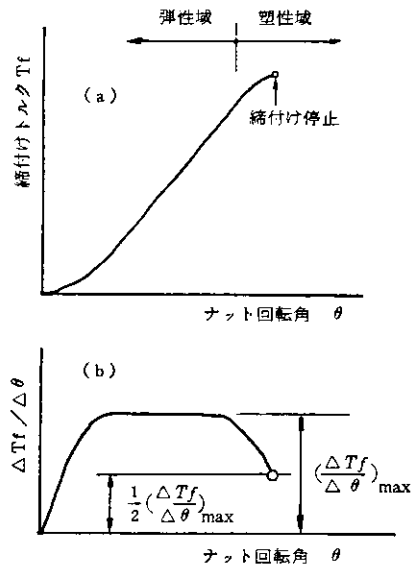


図8. トルク勾配法説明図

- 3) 塑性域ねじ締結に関する標準化のための調査研究報告書(第I報), 日本ねじ研究協会(1983-3) P.51

曲線からわかるようにねじの呼び径に対する締付け長さの比(図7の場合 $(l_f/d)=5$)がある程度大きい場合は、破断までの回転角は締付け回転角に比べてはるかに大きいので、誤って破断する恐れはほとんどないという特性がある。

トルク勾配法は、個々のボルトについて締付けトルクの変化をマイコン等で検出することにより、降伏回転角をわずか超えた塑性域で締付けを停止する方法である。

図8(a)は、ナット回転角 θ に対する締付けトルク T_f の変化を示す図7(a)と同様の曲線である。同図(b)はこの曲線の勾配 $\Delta T_f / \Delta \theta$ の値を θ に対して描いたもので、 $\Delta T_f / \Delta \theta$ の値が θ に対してほぼ一定に保たれる範囲が弾性域であり、一定値から低下しはじめたところで降伏し、それから先が塑性域となる。マイコン等で $\Delta T_f / \Delta \theta$ を検出し、それがたとえば $(\Delta T_f / \Delta \theta)_{max}$ の1/2になったところで締付けを停止することで塑性域締付けがなされる。

塑性域締付けは、弾性域締付けに比べて締付け軸力が高く、また軸力のばらつきが小さいので F_{fmin} も高いので、小径ボルトあるいは低強度ボルトで中高強度ボルトに代えることができるという利点がある半面、使用経験が浅いので強度的に不安があるという欠点がある。

塑性域ねじ締結の使用例と現状を表3に示す。

4. トルク勾配法によるねじの塑性域締付け(実験)

試験品、試験機および条件はトルク法による弾性域締付けの実験の場合と同じである。トルクレンチは図4のものと同じであるが、ナット回転角 θ を検出するために、図9に示すようにトルクレンチ回転軸頭とロータリーエンコーダ(小野測器製、SP-402Z型)とをフレキシブルシャフトで連結した。

実験装置は、図10のように構成した。すなわち、トルクレンチに貼布したひずみゲージで電気信号として検出したトルク値は、動ひずみ計で増幅され、A/Dコンバータを経てデジタル信号に変換される。一方、ナットの回転角をあらわすロータリーエンコーダからのパルス信号は、本来 1° ごとに1回発生するが、この信号10回ごとに(つまり、ナット回転角 10° ごとに)A/Dコンバータからのデジタルトルク値を自製のマイコン(正確には、シングルボードコンピュータ)に取り込む。マイコン内では次に述べ

表3. 塑性域ねじ締結の使用例と現状 (外国の場合)

国 別	使 用 例	使 用 段 階	標 準 化
アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用エンジン シリンダーヘッド、連結機などのねじ締結部 自動車車体 ステアリングギヤー、懸架装置、制御装置などのねじ締結部 ターボチャージャーのインペラ締結部 	<p>各国共通 (日本は除く) 塑性域ねじ締結に各国が関心を示したのは、1966年に発表された cornelius らの論文 (降伏点以上の締付けによるねじ結合の安全性の増大) に負うところが大きい。そして、この締結を能率的に行うための締付けシステムが開発されたことによって、1975年頃から実用化の段階に入った。</p> <p>当初は、従来のトルク法による締付けで問題を起したものの (主として自動車用エンジン) について試験的に採用されていたが、予想外の成果が得られたので、使用範囲が拡大しつつある。</p> <p>なお、左欄に示した使用例は、量産品に対する塑性域締付けであるが、従来のトルク法で特に問題を生じていないものには、その方法が引き続き使われている。</p>	<p>塑性域締付けを実用化している企業は、それに関する社内規格を定めていると思われるが、発表されていない。また、各国ともこれに係る国家規格は、まだ定めていない。</p> <p>しかし、1980年に改正された ISO899/2 (規定の保証荷重を満足するナットの機械的性質) の解説によれば、ボルトの降伏点まで締付ける方法 (塑性域ねじ締結) の出現に対応できるようナットの保証荷重を設定したとあり、ISO 4032~33の六角ナットもそれに応じてナット高さを従来のもの (ISOR 272) より大きくし、塑性域締付けに耐えられるよう処置を講じている。</p>
西ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用エンジン シリンダーヘッド、連結機、クランクシャフトの主軸受、フライホイール、変速装置などのねじ締結部 自動車々体 プロペラシャフト、制御装置などのねじ締結部 ジーゼルエンジンの燃料噴射装置のねじ締結部 	<p>当初は、従来のトルク法による締付けで問題を起したものの (主として自動車用エンジン) について試験的に採用されていたが、予想外の成果が得られたので、使用範囲が拡大しつつある。</p> <p>なお、左欄に示した使用例は、量産品に対する塑性域締付けであるが、従来のトルク法で特に問題を生じていないものには、その方法が引き続き使われている。</p>	<p>塑性域締付けを実用化している企業は、それに関する社内規格を定めていると思われるが、発表されていない。また、各国ともこれに係る国家規格は、まだ定めていない。</p> <p>しかし、1980年に改正された ISO899/2 (規定の保証荷重を満足するナットの機械的性質) の解説によれば、ボルトの降伏点まで締付ける方法 (塑性域ねじ締結) の出現に対応できるようナットの保証荷重を設定したとあり、ISO 4032~33の六角ナットもそれに応じてナット高さを従来のもの (ISOR 272) より大きくし、塑性域締付けに耐えられるよう処置を講じている。</p>
イギリス フランス カナダ スウェーデン	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用エンジン シリンダーヘッド、連結機などのねじ締結部 	<p>当初は、従来のトルク法による締付けで問題を起したものの (主として自動車用エンジン) について試験的に採用されていたが、予想外の成果が得られたので、使用範囲が拡大しつつある。</p> <p>なお、左欄に示した使用例は、量産品に対する塑性域締付けであるが、従来のトルク法で特に問題を生じていないものには、その方法が引き続き使われている。</p>	<p>塑性域締付けを実用化している企業は、それに関する社内規格を定めていると思われるが、発表されていない。また、各国ともこれに係る国家規格は、まだ定めていない。</p> <p>しかし、1980年に改正された ISO899/2 (規定の保証荷重を満足するナットの機械的性質) の解説によれば、ボルトの降伏点まで締付ける方法 (塑性域ねじ締結) の出現に対応できるようナットの保証荷重を設定したとあり、ISO 4032~33の六角ナットもそれに応じてナット高さを従来のもの (ISOR 272) より大きくし、塑性域締付けに耐えられるよう処置を講じている。</p>

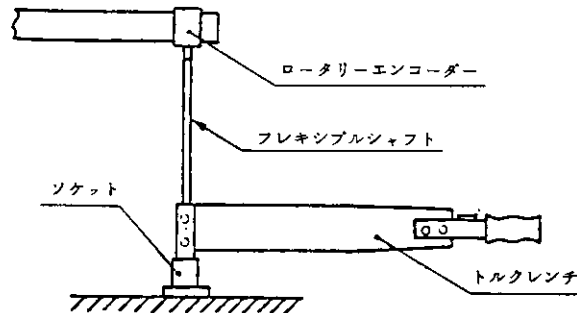


図9. トルクレンチとロータリーエンコーダーの接続

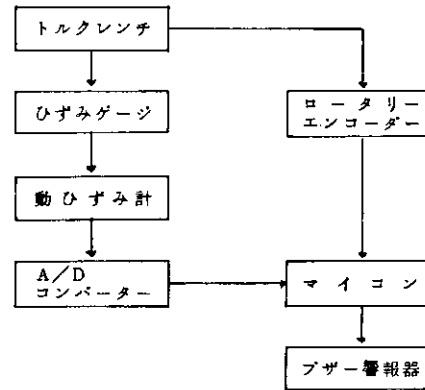


図10. 装置の構成図

るプログラムが実行され、最後の判定がなされると警報信号が出力され、ブザー警報器を鳴らす。

マイコン内で実行されるプログラムのためのフローチャートを図11に示す。図において、初

期の段階でマイコン各部の必要な設定を行う。次にナット回転角 10° ごとにデジタルトルク値 A_n を取り込むが、この値は前回の取り込み値と比較され増分値 G が計算され記憶される。これらの動作は、増分値 G が前回のそれに対して増

加するかあるいは同じ値をとる間は繰り返され、減小したときに G_{max} として検出される。次に、 G_{max} に対して一定の割合 (本実験の場合 $1/2$) をとる警報値が計算され記憶される。

ナット回転角 10° ごとのデジタルトルク値 a_n

はひきつづきマイコン内に取り込まれ、前回取り込み値に対する増分値 g が計算され記憶される。増分値 g がさきに計算した警報値より大きい間はこれらの動作が繰り返されるが、小さくなったときに警報信号が発せられ、ブザーが鳴って締付け作業者に作業の停止を知らせる。

図12に、本実験装置を用いてトルク勾配法による塑性域締付けを行った場合の実験例について、締付け軸力 F_f 、軸トルク T_s 、締付けトルク T_f の時間に対する変化を、警報信号の発生表示およびナット回転角の 10° ごとの発生パル

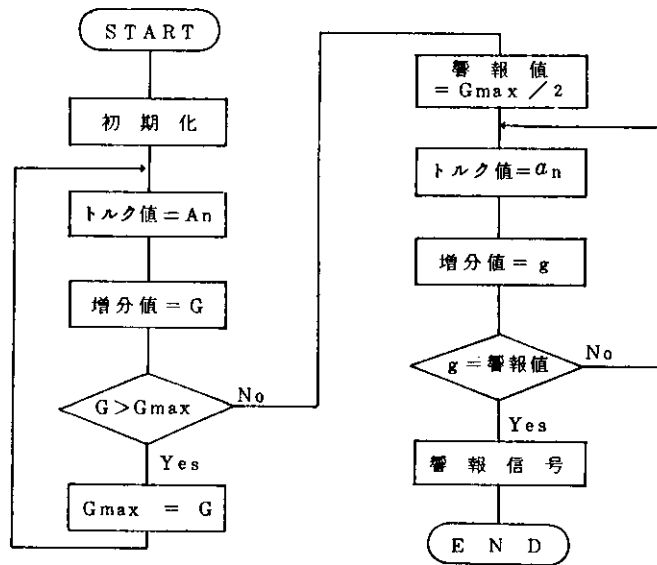


図11. 塑性域検出プログラムのフローチャート

ス表示と共に示す。予想通り、試験ボルトが降伏点を少し過ぎたところで警報が出て、作業者が締付けを停止したことがみとめられる。

潤滑油を、1.マシン油(#120)、2.さび止め潤滑油(NP-7)、3.グリース(NK701)、4. MoS_2 ベースと4種類に変え、10組ずつの試験品について塑性域締付け実験を行い、図12のような記録から F_f 、 T_s 、 T_f の値を求め、トルク法の実験の場合と同じ方法でねじ部の摩擦係数 μ_s および座面部の摩擦係数 μ_w を計算し、 F_f 、 μ_s および μ_w のそれぞれについて $\bar{x} \pm 3s$ の値をばらつき範囲の棒グラフで表わしたものを図6中に示す。

図6によれば、潤滑油を変えて摩擦係数が変わっても、締付け軸力 F_f はボルト材料の降伏荷重の近傍に安定して集中しており、 $\pm 3s/\bar{x}$ で表わしたばらつき率は $\pm 7\%$ 程度以内に入っている。

ついでながら、摩擦係数は μ_s 、 μ_w ともにトルク法による弾性域締付けの場合に比べて値が小さく、ばらつきも少ない。

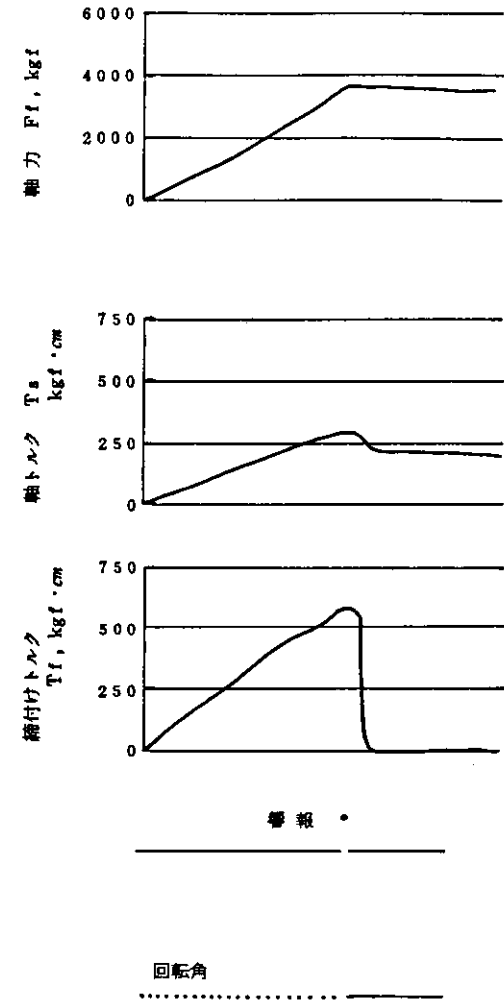


図12. トルク勾配法の締付け例

イワタボルトはあなたの会社の ネジ・コンサルタントです

本社 ☎東京 **03 (493)0211** (大代表)
五反田事業所 ☎東京 **03 (493)0221** (代表)
本社資材課 ☎東京 **03 (493)0251** (代表)
 ファクシミリ**03(493)0217**
 〒141 東京都品川区西五反田5丁目3番4号
川崎支社 ☎川崎 **044(522)4101** (代表)
 〒210 川崎市幸区南幸町2丁目72番1号
浜松営業所 ☎浜松 **0534(54)5381** (代表)
 〒430 静岡県浜松市寺島町492番地
多摩営業所 ☎東京 **0425(41)5534** (代表)
 〒196 東京都昭島市福島町380番地
藤沢営業所 ☎藤沢 **0466(44)1277** (代表)
 〒252 神奈川県藤沢市今田字西原352番地
草加営業所 ☎草加 **0489(42)1131** (代表)
 〒340 埼玉県草加市花栗町533番地
埼玉営業所 ☎鴻巣 **0485(91)2212** (代表)
 〒364 埼玉県北本市中丸4-72番地
富士営業所 ☎吉原 **0545(71)3588** (代表)
 〒419-02 静岡県富士市久沢841-1
川越出張所 ☎川越 **0492(45)6714** (代表)
 〒364 埼玉県川越市南台2-6-14
名古屋出張所 ☎名古屋 **052(502)7761** (代表)
 〒452 名古屋市西区野南町78番地
横須賀出張所 ☎横須賀 **0468(23)2724** (代表)
 〒237 神奈川県横須賀市長浦町1-2
仙台出張所 ☎仙台 **02238(4)0265** (代表)
 〒981-12 宮城県名取市田高字先井成9-1

大阪出張所 ☎大阪 **06 (788)1466** (代表)
 〒577 東大阪市新喜多111-2
厚木出張所 ☎厚木 **0462(41)7021** (代表)
 〒243 神奈川県厚木市下荻野518
宇都宮出張所 ☎宇都宮 **0286(65)4661** (代表)
 〒320 栃木県宇都宮市黒沢町桜田372-13
群馬出張所 ☎高崎 **0273(62)1041** (代表)
 〒370 群馬県高崎市中尾町491番地
福島出張所 ☎福島 **0429(33)6609** (代表)
 〒963 福島県郡山市富田町字町田61-1
太田出張所 ☎太田 **0276(46)1796** (代表)
 〒373 太田市大字内ヶ島1490
福岡出張所 ☎福岡 **09302(3)9444** (代表)
 〒824 福岡県行橋市大字長木字帽子形372-1
土浦出張所 ☎土浦 **0298(24)0077** (代表)
 〒300 茨城県土浦市富士崎町1-17-3
山形出張所 ☎山形 **0236(42)2308** (代表)
 〒990 山形県山形市松町3-8-8
千葉分室 ☎木更津 **0438(98)2852** (代表)
 〒292 千葉県木更津市東太田3-9
埼玉工場 ☎草加 **0489(95)1331** (代表)
 〒340 埼玉県八潮市木曾根1139番地
埼玉第二工場 ☎草加 **0489(96)9256** (代表)
 〒340 埼玉県八潮市伊勢野150-1
栃木工場 ☎塩谷 **02874(5)1051** (代表)
 〒329-23 栃木県塩谷町田所塩谷工業団地

【18】

岩田ボルト工業株式会社