

高炭素鋼線のネジリ試験機による横弾性係数 (G) の測定について*

鈴木金属工業

中川 昭・鈴木昭弘・岸上忠嗣・永井紀雄
On the Measurement of Modulus in Torsion
of High Carbon Steel Wire by Torsion
Tester

Akira NAKAGAWA, Akihiro SUZUKI
Tadatsugu KISHIGAMI and Norio NAGAI

1. 緒 言

鋼線のねじり試験は捻回値を求める試験が普通で、横弾性係数などのねじり特性値を求めることは引張り試験に比較して一般化されていない。

ねじり試験機によつて横弾性係数を測定する場合にはほぼ定速で歪をかけながらモーメントを正確に記録する試験機が必要である。精度をよくするためには自動記録化を行なうべきであるが、このようなねじり試験に関する文献は少ない。

本報告で述べる測定方法はねじり試験機を使用して鋼線のねじり特性を求める方法で、ねじりモーメント-角度方式を改良して、トルク計-角度の関係を X-Y 記録計上に自動記録化させて T-θ 曲線としてとりだし、ある条件下における鋼線のねじり特性値を作図法によつて求め、ねじり試験機とねじり特性の関係を調査したものである。

2. 供試材料と実験方法

2.1 供試材料

本実験の供試材料は線径 2.0 mm のピアノ線および炭素鋼オイルテンパー線とし両供試材料とも 350°C × 25 min の熱風低温焼鈍を施したものである。

供試材料の加工履歴はピアノ線が線材 7.00 mm をパテンチング後 4.5 mm まで伸線し、再度 900°C → 500°C のパテンチング処理を施して最終線径 2.0 mm まで伸線したもので最終パテンチング後の総減面率は 80% である。炭素鋼オイルテンパー線は 3.5 mm まで伸線したものを再度 900°C → 500°C でパテンチング後 2.0 mm まで伸線し、2.0 mm で連続式焼入れ、焼戻し (900°C → 焼入れ → 500°C 焼戻し) 処理 (オイルテンパー処理) を施したもので最終パテンチング後の総減面率は 67% で

Table 1. Chemical composition (%).

Material	C	Si	Mn	P	S	Cu
Music wire	0.82	0.19	0.50	0.007	0.006	0.01
Oil tempered wire	0.67	0.27	0.70	0.009	0.008	0.01

Table 2. Tensile Properties of steel wire.

Material	σ_B kg/mm ²	$\sigma_{0.2}$ kg/mm ²	$\sigma_{0.05}$ kg/mm ²	E kg/mm ²	ϵ %	ϕ %
Music wire	190.5	170.0	153.0	20800	6.5	54
Oil tempered wire	157.5	147.0	145.5	20400	5.5	61

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 199 昭和42年5月26日受付

ある。Table 1 にこれら供試材料の化学成分を示し、Table 2 に実験に使用した供試材料の引張り強さ (σ_B)、降伏点 ($\sigma_{0.2}$)、弾性限 ($\sigma_{0.05}$)、ヤング率 (E)、伸び (ϵ)、絞り (ϕ) の平均値 (試験数 3) を示す。

2.2 実験方法

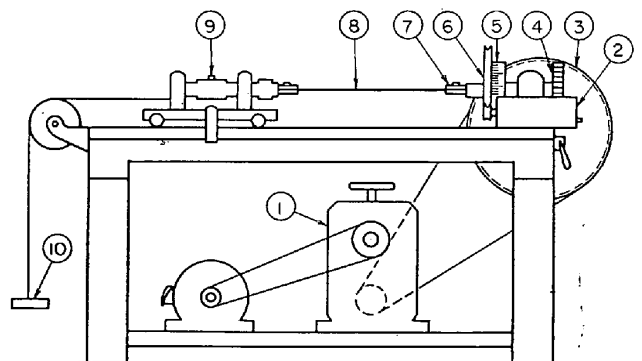
実験に使用したねじり試験機はトルク計の容量 6 kg m のものでねじり角度を X-Y 記録計の X 軸に、トルクを Y 軸に電圧出力としてとりだしたもので、自動記録による T-θ 曲線より横弾性係数 (G)、最大ねじり応力 (τ_m)、ねじり降伏点 ($\tau_{0.3}$)、ねじり弾性限 ($\tau_{0.03}$) および捻回値 (T_n) などを作図法により求めた²⁾。

Fig. 1 にねじり試験機の略図を示す。実験方法は両供試材料とも同一とし、ねじり速度を毎分 0.5 回転、2.0 回転の 2 段階、試料の有効長をチャック先端からのソカミ間隔として 50, 100, 200, 400 mm の 4 段階にとり、各条件とも試験数を 15 本としてねじり試験をおこなった。試料の長さを 4 種類としたのはチャック内にねじり変形のくい込みがあつてねじり有効長が変化してくることが過去の実験で予知されているため、その影響をも調査したためである。線軸方向の後方張力は 6 kg、引張り強さの約 1% とした。また軸張力はローラーによる可動型式であるから、張力は常に一定である。

2.3 試験機の検定

本実験において測定精度に影響すると考えられるものはトルク計の精度とねじり角の記録精度である。

トルク、ねじり角とも X-Y 記録計上に正確に記録されることが必要である。まずトルク計の精度を検定するため予備実験により供試材料の最大トルクを求めてから動作回路を使用トルク範囲に設定し、重錘により Y 軸 (トルク) との関係を段階的に検定し、かつ直線関係にあることを確認した。動作回路は定電圧装置を使用して電



① Variator ② Helical resistance ③ Driving pulley
④ Worm wheel ⑤ Angle plate ⑥ Pulley
⑦ Chuck ⑧ Specimen ⑨ Torque meter (6kg-M)
⑩ Dead weight (6kg)

Fig. 1. Torsion tester.

Table 3. Torsional properties of steel wire.

Material	Music wire 2.0 mm							
rev./min	0.5				2.0			
Active length mm	50	100	200	400	50	100	200	400
τ_m kg/mm ²	114.5	114.2	113.9	113.7	114.9	114.4	114.8	113.8
$\tau_{0.3}$ kg/mm ²	94.6	95.2	96.0	96.4	94.0	96.8	95.5	96.1
$\tau_{0.03}$ kg/mm ²	75.1	81.1	90.2	91.2	72.0	83.9	89.8	91.4
Twist number	7	14	29	57	8	15	30	58

Material	Oil tempered wire 2.0 mm							
rev./min	0.5				2.0			
Active length mm	50	100	200	400	50	100	200	400
τ_m kg/mm ²	98.3	98.5	97.0	97.2	97.9	98.4	96.8	96.9
$\tau_{0.3}$ kg/mm ²	83.1	82.7	82.8	83.9	82.7	83.4	82.8	83.9
$\tau_{0.03}$ kg/mm ²	77.2	80.9	82.3	82.7	75.4	80.7	82.2	83.6
Twist number	10	18	35	68	11	22	38	71

圧変動を防止した。ねじり角の精度は角度目盛板とX軸(ねじり角)との関係を実測し、記録紙上に任意の尺度にて設定することができるので定電圧装置に変動のない限り一定であると考えられる。動作回路の保証精度としては0.5%となつてゐる。さらに記録紙上にかかれたT-θ曲線を作図法により横弾性係数値を算出するので、T-θ曲線の立ち上りの直線部では1%程度の誤差はさげられない。

3. 試験結果

3.1 ねじり特性値

横弾性係数値以外のねじり特性値 (τ_m , $\tau_{0.3}$, $\tau_{0.03}$, T_n) を Table 3 に示す。

3.2 横弾性係数値 (G)

本実験における横弾性係数の測定値を Fig. 2 に示す。Fig. 2 中に実線で示したものは後述する修正後の横弾性係数値であり、点線で示したものは実測値である。

横弾性係数値は実験数 15 本の平均値を結んだもので各試料長さによる横弾性係数値のばらつきは実線と点線との間に数値で示した。

4. 考察

4.1 ねじり特性値

Table 3 の最大ねじり応力 (τ_m) およびねじり降伏点 ($\tau_{0.3}$) は試料長さによらずほぼ一定値であるが、ねじり弾性限 ($\tau_{0.03}$) は試料有効長の短いほど値が低く横弾性係数の実測値と比例している。これについては後述する。捻回値 (T_n) は試料有効長にほぼ比例する関係があり、線軸張力が1%程度では捻回値を減少させる傾向はみられない。同一材料における各ねじり特性値のねじり速度による影響は両供試材料とも顕著ではない。

4.2 横弾性係数値 (G)

Fig. 2 に点線で示した横弾性係数の実測値は試料有効長によりかなりの相違があり、しかも試料有効長を長くしないと一定値を得る傾向にならないことを示している。供試材料2種の横弾性係数値は両ねじり速度条件ともピアノ線が炭素鋼オイルテンパー線より若干高く、さらにねじり速度の違いの方が高くなつてゐる。

横弾性係数の値は線径や鋼種により相違があるが、一

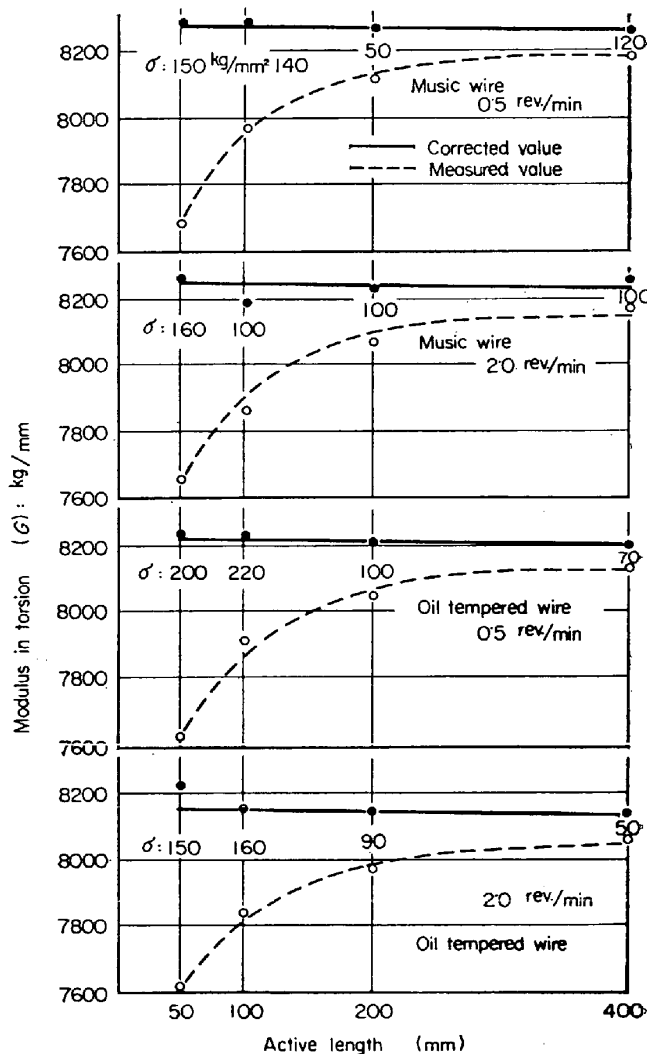


Fig. 2. Relation between active length and modulus in torsion. σ shows standard deviation of measured values

般に規定されている値は各鋼種ともあまり差がなく8000~8100 kg/mm²程度³⁾にしているものが多く線径別に分類したものは少ない⁴⁾。本実験における横弾性係数値は8150~8300 kg/mm²弱と若干高目であり、船舶規格のものとはほぼ一致している。厳密には鋼種および処理方法(線径にもよる)を考慮して横弾性係数値を明らかにすることが必要であると考えられる。

横弾性係数値のばらつきは Fig. 3 に示したように $\sigma = 100 \text{ kg/mm}^2$ 前後であるが試料有効長の長いほどばらつきが少ない傾向がありチャック内へのすべり込み長さによる有効長の変化が影響していると考えられる。

ねじり速度による同一材料の横弾性係数値の相違については歪速度および熱影響などを考慮すべきであろう。

本実験における歪速度は 0.008~0.25 rad./min と非常に小さく、また試験片の発熱は表面接触温度計によれば 30°C~50°C で 2.0 rev./min の方が 0.5 rev./min のものより平均して 13°C 程度高くなっている。

4.3 横弾性係数値 (G) の修正

試料有効長の短いほど G 値およびねじり弾性限が低下していることには問題がある。材料が均質であると仮定すると Hooke の法則が T- θ 曲線よりなりたつから、 γ (ねじり歪) $=r \cdot \theta / l$ (r : 線半径, θ : ねじれ角, l : 試料有効長) なる関係があり、試料有効長に関係なく θ / l (単位長さ当たりのねじれ角: θ) は一定となるはずである。また、このことからねじり応力 (τ) は $\tau = G \cdot r \cdot \theta$ の関係がなりたつ。 $r \cdot \theta$ が一定であれば直線部での τ は G に比例するから試料有効長の短いほど横弾性係数値が低いとすれば τ 低くもなり、材料の強度が低下したことになる。しかし本実験条件のように熱影響の少ない条件では材料強度の低下は生じないはずである。したがってねじれ角が一定となるべきであり、横弾性係数も試料有効長に影響されないことになる。各試料有効長の T- θ 曲線における直線部の単位ねじれ角は試験前の試料有効長が試験中も変化しないと仮定すれば一定値となるべきであるから、ある一定トルクにおける単位ねじれ角を T- θ 曲線の直線部より測定し、その相違を検討して修正をほどこすことにより真の横弾性係数値が得られるはずである。単位ねじれ角が試料有効長の短いほど大きいと本実験における実測値のようになり、真の有効長で計算されていなかったことになる。すなわちチャック内へのすべり込みによる試料有効長の変化を無視した結果実測値の上昇曲線となつたものである。各試料有効長による単位ねじれ角の T- θ 曲線よりの実測平均値(各条件の測定数10)は短有効長ほど単位ねじれ角が大きく、チャック内へのすべり込みの影響が大きいことを示している。これらから試料有効長 400 mm を基準としてすべり込みの長さを計算すると 3.7~4.3 mm であり、試験後の実測値でも試料長さによらず約 4 mm のすべり込み量が認められた。チャック内へのすべり込みはねじり試験初期にすでに生じており横弾性係数に影響を与えているといえる。

このすべり込み量を修正値として再検討した結果はほぼ直線関係がなりたち横弾性係数値およびねじり弾性限の低下はすべり込み長さの与える有効長への影響と考えられる。

5. 総 括

本実験に使用したねじり試験機での横弾性係数値の測定結果について総括すれば次のようなことがいえよう。

(1) ピアノ線 2.0 mm (減面率80%) の横弾性係数値は約 8270 kg/mm²、炭素鋼オイルテンパー線 2.0 mm (900°C 加熱→油焼入れ→500°C 焼戻し) の横弾性係数値は約 8200 kg/mm² となる。

(2) ねじり速度により横弾性係数値は両供試材料とも 30~50 kg/mm² 程度の相違があり、ねじり速度の遅い方が高い値を示す。

(3) 本方法によるねじり試験機では鋼線のねじり有効長の変化が横弾性係数値に影響をおよぼしている。したがって本型式の試験機ではチャック内へのすべり込みを防止するか、あるいは試験材料に適した修正項を定めておけば真の横弾性係数に近い値が得られる。

以上鋼線でのねじり試験、とくに横弾性係数測定に関する試験機と試験方法を測定結果の分析と合わせて報告した次第である。

文 献

- 1) M. I. TSCHAJEWSKI: Microtecnic, 18 (1964) 4, p. 192, 193
- 2) 湯浅: 材料力学, 上巻, コロナ社 (1956), p. 240 p. 260
- 3) JIS B-2704 (1962), 円筒コイルバネ設計基準
NICHOLAS P. CHIRONIS: Spring Design and Application McGraw-Hill (1961), p. 313
石原: コイルバネ, 養賢堂 (1964), p. 21
- 4) JIS F-0503 (1960), 船舶機関部コイルばね

高圧配管用高張力鋼鋼管としての HS2 および HS6 について*

住友金属工業中央技術研究所

工博 伊藤 慶典・岡田 隆保

〃 鋼管製造所

竹田 進・川野和男・湯沢 浩

The Properties of High Tensile Strength Steel Pipes, HS2 and HS6, for High Pressure Service

Dr. Yoshinori ITO, Takayasu OKADA
Susumu TAKEDA, Kazuo KAWANO and
Hiroshi YUZAWA

1. 緒 言

最近の化学工業における製造装置関係の高圧化および大容量化に伴い、それに用いられる鋼管も大径厚肉化が要求されている。しかし従来の STS (JIS: G3455) 相当の材料では強度的にも不十分であり、さらに溶接継手が主体をしめている現在、これらの要求をみたすために STS 材より、さらに高強度でかつ溶接性の良好な鋼管が必要となる。この種の鋼管は大径厚肉のため調質処理が難しく、焼ならしまたは焼ならし焼戻しの工程によ

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 226 昭和42年5月10日受付