

日立造船(株) 技術研究所 正員 牛尾正之
 " " " " 〇 南条正洋

1. はじめに

高力ボルト摩擦継手のすべり耐力は、ボルト締付軸力のバラッキとともに材片の接触面の状態によって左右される。ところで、接触面の状態とすべり耐力の関係については、これまで数多く報告されているが、表面の状態を定量的に表示することが困難であることから、これらはいずれも表面処理方法と耐力または表面処理後の屋外曝露期間と耐力といった関係についての実験が中心となっている。

われわれは、表面状態に関する諸要素のうち表面処理を施した面の表面あらさを取り上げ、表面処理方法および継手の材質と表面あらさの関係をは握すると共に、すべり実験を行なってその相関関係を調べた。表面あらさについては、規定したあらさ曲線を定常な不規則変量と考へて、パワースペクトルなどの統計量によって評価した。また、すべり試験は供試体の材質とその表面処理方法をパラメータとし、表面あらさ以外の影響が入らないように配慮した特殊な試験治具を用いた。

2. 供試体および表面処理方法

材質によるすべり耐力および表面あらさの相違を考慮するため、供試体の材質は、SS41, HT60, HT80, の3種類を対象とした。形状・寸法を図1に示す。添接板は、均一な接触面圧を得るため、図のような座金形状とした。接触面の表面処理方法は、ショットブラスト(Sh) サンドブラスト(Sa), グリットブラスト(G)の3種類を採用した。粒子の大きさは、Shは粒径1.2mm, Saは#50~60, Gは#50および140の混合である。また、粒子の吹付方法は、Shは自動吹付装置, Sa・Gは手動装置である。

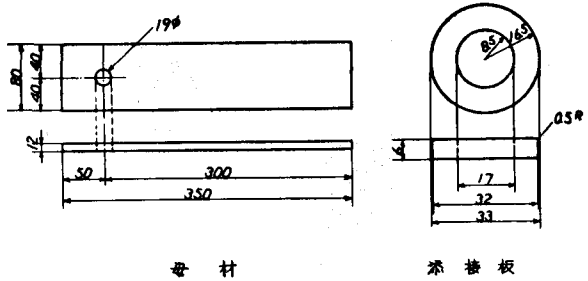


図1 供試体寸法

3. すべり試験

(1) 実験要領

すべり試験治具および試験状況の概要を図2に示す。図2(b)において、斜線を施した部分が供試体である。図からわかるように、供試体の座金状添接板と試験治具はピン結合になっており、引張り試験中接触面に曲げが作用しない構造である。ボルトへの軸力導入は、センターホールジャッキを用いた。実験は、(A) 接触面圧とすべり強さの関係 (B) 表面あらさとすべり強さの関係の2項目を対象として行なった。各実験の条件は表1のとおりである。表中の接触面圧の値760 kg/cm²は母材20mm, 添接板10mmの継手を想定し、これをF11T(W7/8)の高力ボルトの設計軸力21tonで締付けたときの平均接触面圧である。また、表面処理方法のうち、ショットブラスト(Sh)については、鋼板の自動送り装置の速度を変えることにより、粒子の吹付時間を3種類変

えた。送り速度はそれぞれ次のとおりである。

- Sh 1 …… 2.5 mm/min
- Sh 2 …… 4.0 (標準)
- Sh 3 …… 6.0

(2) 実験結果

すべり試験の結果をまとめて図3, 4に示す。すべり試験で得られたすべり荷重(1接触面当り)を、ボルト初期締付力で除した値は、普通すべり係数といわれる。しかし今回の特殊治具を用いた実験では応力の伝達機構が異なるため、すべり係数とはいえないのでここでは「すべり強さ」と称している。したがって、図3, 4ではSS41の標準面圧(760 kg/cm²)、表面処理Sh2でのすべり強さの平均値を基準として、これとの比という形でまとめた。図3より、すべり強さは接触面圧によって影響を受けたりしてよくなる。このことは、わかれわかれ以前に行なった厚板のSS41材についてのすべり試験結果(表2)においてもいえる。図4は、表面処理方法とすべり強さの関係である。ショットブラストの吹付時間によって表面あらさは異なってくると思われるが、図4からは、すべり強さとの相関は見られない。ショット、サンド、ブリットの各処理の間では、サンドの場合がやや高いようであるが、3者で大きな差はないようである。また図3, 4から、すべり強さは材質によって大きく影響を受け、強度が上がればすべり強さが低下するという傾向が見られる。とくに今回の実験ではHT60材が低い値となった。

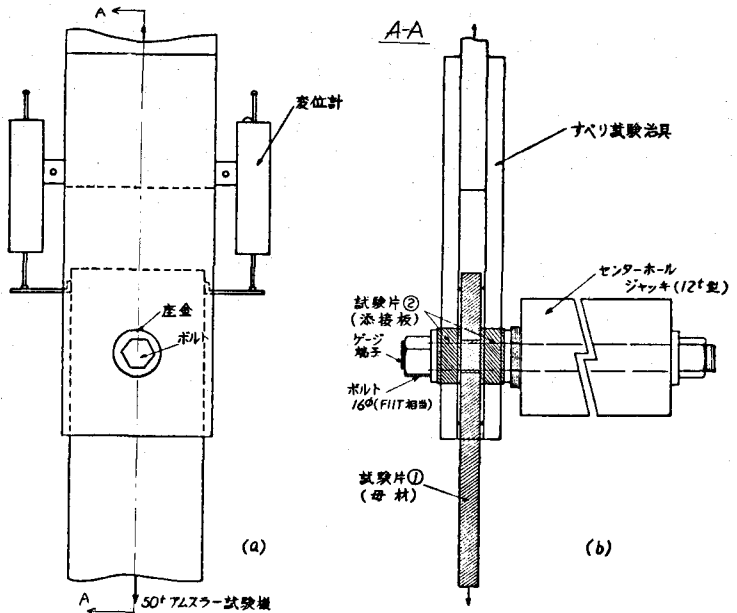


図2 高力ボルト継手 すべり試験要領 概略図

表1 実験の条件

項目	接触面圧 (kg/cm ²)	表面処理方法
A	360, 760, 960	ショットブラスト Sh 2 (標準)
	560, (標準), 1160	
B	760	ショットブラスト (Sh 1, Sh 2, Sh 3) サンドブラスト (Sa) ブリットブラスト (G)

表2)においていえる。図4は、表面処理方法とすべり強さの関係である。ショットブラストの吹付時間によって表面あらさは異なってくると思われるが、図4からは、すべり強さとの相関は見られない。ショット、サンド、ブリットの各処理の間では、サンドの場合がやや高いようであるが、3者で大きな差はないようである。また図3, 4から、すべり強さは材質によって大きく影響を受け、強度が上がればすべり強さが低下するという傾向が見られる。とくに今回の実験ではHT60材が低い値となった。

表2 SS41厚板材のすべり係数

板厚 (mm)	すべり係数			
	試験No. 1	2	3	平均
36+75+36	0.51	0.46	0.55	0.51
32+50+32	0.50	0.48	0.50	0.49

4. 接触面の表面あらし

(1) 試験片および測定要領

表面あらしを測定した試験片(材: D×50×50)は、継手

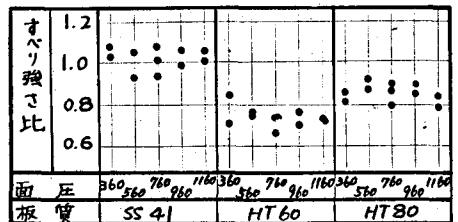


図3 接触面圧とすべり強さ比

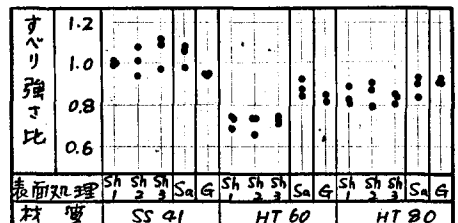


図4 表面処理方法とすべり強さ比

供試体と同一材から切り取り、同じ表面処理を施したものである。表面あらさの測定は、1試験片につき4箇所とした。記録はすべてデータレコーダで行ない、AD変換機および小型電算機によるデータ処理を行なった。測定条件は次のとおりである。①測定機：万能表面形状測定機(小坂研究所製 SE-3) ②測定長：1カ所につき30mm ③触針送り速度：0.2 mm/sec

(2) 表面あらさの解析

データレコーダに記録したあらさ曲線を、AD変換機によって20μごとのデジタル量(Σ(x); 1500個)に変換し、まず最小二乗法で、Linear Trendを除いた後、表3に示したような統計量を求めた。

表3 計算項目

項目	備考
JIS 最大あらさ... R_{max}	基準長8mm, 1試料あたり12個
Σ(x)のr.m.s... H_{rms}	1試料あたり4個
自己相関係数... ACC	1試料あたり4個の自己相関係数を求め、これを平均して、1個の平均自己相関係数を求めた。
平均 " ... \overline{ACC}	
パワースペクトル密度...PSD	ハニシノウダにより平滑化し、80%の信頼幅付。
ピーク数... N_p 中心線を切る数... N_0 (標準長)	$N_p = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{\frac{1}{2}}$, $N_0 = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{\frac{1}{2}}$ *
Σ(x)の傾斜角のr.m.s... θ_{rms}	$\theta_{rms} = \tan^{-1} \left(\left(2 \int_0^{\infty} \omega^2 PSD(\omega) d\omega \right)^{\frac{1}{2}} \right)$

(3) 計算結果

R_{max} , H_{rms} の値を、各材質・表面処理方法ごとに整理したものが図5である。 R_{max} , H_{rms} の値には、相当のバラツキがあったので、平均値のみをプロットした。

図から、表面処理方法によって、これらの値はかなり差のあることがわかる。とくに、ブリットブラストの場合には高い値を示している。図6は、自己相関係数(ACC)および平均自己相関係数(\overline{ACC})の一例である。

これは、SS41材にショットブラスト(標準)処理したものである。1試片につき4本の各ACCの値には、測定長が短かいことから、かなり変動が見られるが、これらを平均した \overline{ACC} を求めることによって、測定長が4倍になったことになり、より精度の良い値が得られることになる。図7は、 \overline{ACC} をフーリエ変換して求めたパワースペクトラムである。この図には、計算値の両側に80%の信頼幅を付してある。図8は、図7と同じ表面処理でのHT60およびHT80の場合である。これらの図はいずれも最大のパワー値を除いて正規化している。あらさ曲線全体に占める各周波数成分を比べると、一様に2~5 c/cm付近で大きなパワーが見られる。またHT60では、

* 二に、 m_n は、パワースペクトルのn次モーメントであり、 $m_n = \int_0^{\infty} PSD(\omega) \cdot \omega^n \cdot d\omega$ によって与えられる。

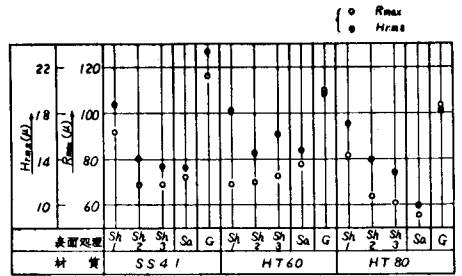


図5 R_{max} , H_{rms} (平均値)

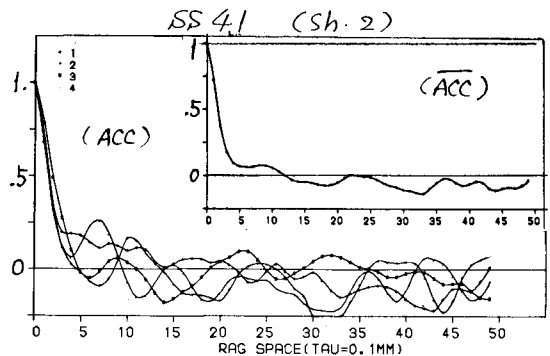


図6 自己相関係数 ($\frac{\overline{ACC}}{ACC}$)

15~20 % μm 付近の高い周波数域にも比較的大きなパワーがあり、他の2つの材質の場合とは少し異なった様相を示している。図9に N_p/N_0 の値すなわち単位長当りの(ピーク数/中心線を正方向に切る回数)を示す。この値は図10(a)のような波形では大きく、(b)では小さくなる。図11はピークの平均間隔である。

図9, 11において SS41 と HT60 を比べてみるとピークの平均間隔は同じ程度であるが、 N_p/N_0 の値は HT60 がやや小さな値となっている。図12に傾斜角の θ_{rms} を示す。この図からは、すべり強さとの関連性は見られぬが、フリットブラストの場合に著しく高い値となっている。これは、フリットの粒子が球状のものを破砕したものであり、鋭角をもっているということからもうなづけることである。

5. おわりに

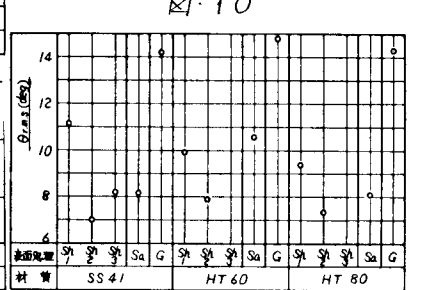
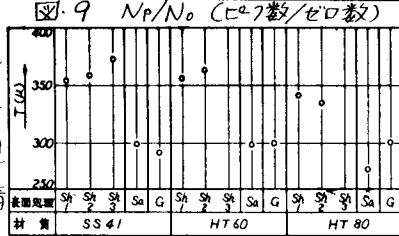
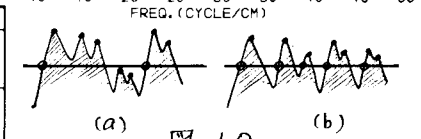
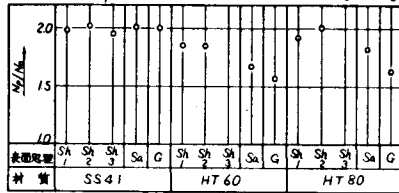
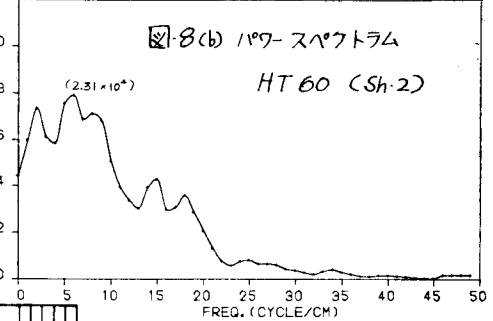
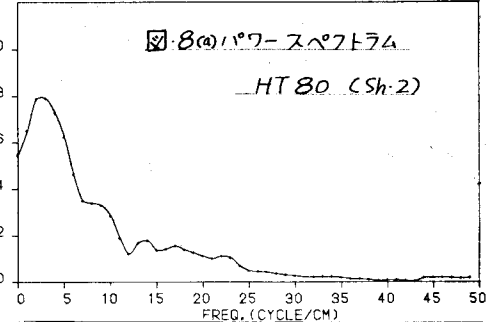
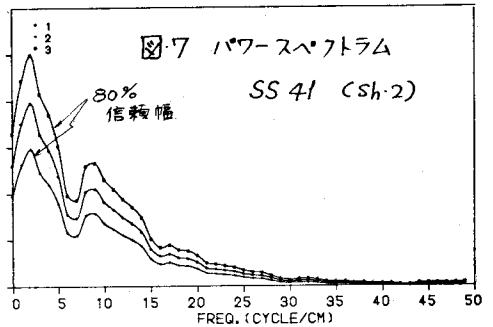
継手接触面の状態を決定するファクターのうち、表面あらしおよび接触面圧と、すべり強さとの関係について検討した。その結果として、すべり強さは

- ① 表面処理の方法によつては、あまり変らぬ。
- ② 材質にはかなり影響を受け、高強度になるに従つて低下する傾向である。
- ③ 通常使用状態での、

接触面圧の大小には影響されぬことがいふよう。表面あらしの統計量については、表面処理方法によって明確な差が見られる。

以上は表面処理直後の試料の結果である。紙面の都合で割愛したが、処理後2週間野外に放置し、自然発錆させた試料について同様な

あらし試験を行なったところ、上記結果と大差がなかった。一般に、発錆状態になるとすべり係数は向上すると云われていることを考之合わせると、継手のすべり耐力には同一鋼種であれば表面あらしという要素より、いわゆる素材の摩擦係数的な要素が大きく影響すると思われる。



参考文献

- 1) 西村 明, 他, 摩擦接合鋼板のたり係数のバラッキについて, 工本学会 26 周年学術講演会 講演集 (I-222)
- 2) 奈良治郎, 不規則な表面凹凸の判定と表示法に関する研究, 計量研究報告 S41.5