

川崎製鉄㈱ エンジニアリング事業部 正員 石渡 正夫

同 松尾 弘一

同 菊川 春三

1. まえがき

継手部に表面処理を施し、主構造部材と同程度の防食効果を与えることは構造物の保守・点検上好ましいといえる。筆者らは、長期防食効果を有し、かつ、防食塗装の下地材として一般的な無機ジंकや金属溶射で表面処理した継手を対象にすべり試験と疲労試験を実施し、これらの表面処理が継手のすべり係数および疲労強度に何ら悪影響を与えないことを明らかにした。^{1),2)}

ところで、表面処理継手は鋼材の腐食環境が厳しく、しかも構造物として恒久的に使用される長大橋等に採用されることが多いと考えられるが、これら巨大構造物では死荷重もまた大きなものとなることが予想される。したがって、表面処理継手に長期的に一定荷重が作用する際、表面処理材である亜鉛やアルミニウムは鋼に比してクリープ変形しやすいため、従来一般仕様の継手よりもボルト軸力の弛緩や継手変形の増大が危惧される。本研究は上記諸懸念の解消を図るべく、表面処理継手モデルの長期載荷試験を実施し、継手すべり量を経時的に測定したものである。現在、試験を開始してから約 2,000 時間までの経時変化を測定したので、その結果について報告する。

2. 試験方法

供試継手の表面処理は無機ジंकと亜鉛アルミ溶射によった。膜厚は無機ジंकが 60μ と 120μ 亜鉛アルミ溶射が 60μ を目標とした。継手数は各表面処理につきそれぞれ 4 体で、うち 2 体をすべり試験し、残りの各 2 体を長期載荷試験した。

ボルトにはすべて軸部に 2 枚のひずみゲージを貼付し、締付け軸力を調整するとともに、締付け後のレラクセーション量を測定した。なお、締付け軸力値は示方書³⁾を参考に、238t (F11T M22 相当) とした。

すべり試験は継手の組立から 4 日後に実施した。すべり係数は継手の左右第 1 列ボルト位置における母板と添接板の相対ずれ量をクリップゲージ ($850\mu/\text{mm}$) で測定し、急激な変形を生じた荷重と試験開始時のボルト軸力から決定した。また、長期載荷試験では Photo 1 に示すように、てこと滑車を組合わせた載荷装置で継手に一定荷重を作用させ、継手のすべり量を Table 1 の要領で、精度 $1/1000\text{mm}$ のコンタクトゲージを用いて経時的に測定した。荷重は 25t を目標にしたが、実際に継手に作用する荷重は継手を載荷梁に取付けるボルトに貼付したひずみゲージでチェックした。なお、継手は現場施工状況を考慮して組立前、約 1 ヶ月間当社構造技術センターで屋外暴露した。

3. 結果と考察

供試継手の膜厚は処理後 24 時間経過してから測定したが (Kett L-2B 型使用、測定箇所; 継手摩擦面計 24 ケ所)、いずれの処理においても膜厚は目標値をほぼ満足し、かつ、ばらつきも少ないものが得られた。また、表面粗さは供試継手と同一ロットで処理した鋼板について測定したところ (万能表面形状・測定器 SE-3 使用)、無機ジंक継手では 2.1 および 2.4S と膜厚による差は殆どなかったが、亜鉛アルミ溶射では 6.9S と下地処理であるグリットブラストの場合の 5.6S をも上回る値が得られた。この結果を反映して、すべり係数はいずれも設計値を大巾に上回ったが、なかでも、亜鉛アルミ溶射継手はブラスト継手と遜色ない実験結果となった。

一方、締付け後のボルト軸力低下率は 100 時間後に無機ジंकで締付け直後の 7~8%、亜鉛アルミ溶射で 9% となったが (Fig. 1)、両者の差はわずかであり、軸力低下に対する表面処理の違いによる影響は認められない。

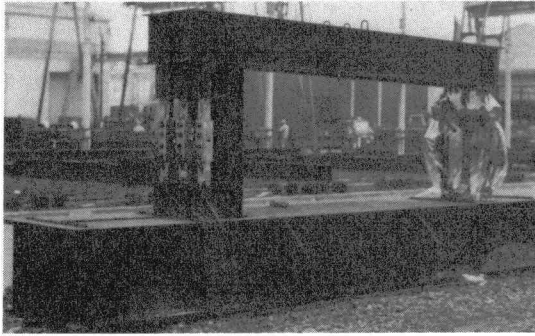


Photo 1 Load frame & specimens

Table 1 Specimens & slip test results

Steel: SK50C
 $O_y = 35^{\circ} \text{mm}^2$, $\sigma_{\max} = 54 \text{ kg/mm}^2$
 $EI = 33^{\circ}$
 Bolt: F10T M22x135
 $O_y = 1061 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{\max} = 112.6 \text{ kg/mm}^2$
 $EI = 17.9\%$

Surface Treatment	Coating Thickness (mm)	Surface Roughness Rmax (μm)	4 Bo (t)	Slip Coefficient μ	β
Zn-Silicate Paint	75 ± 6	24 ± 3	45.8	0.63	0.66 ± 0.029
			45.5	0.68	
			44.5	0.69	
			44.7	0.64	
"	138 ± 4	21 ± 3	44.6	0.68	0.67 ± 0.022
			45.2	0.67	
			45.4	0.69	
			45.5	0.64	
Zn-Al Metallizing	60 ± 5	69 ± 7	44.8	0.78	0.77 ± 0.036
			45.2	0.82	
			44.5	0.74	
			45.0	0.75	

※1 Gage length = 2.5 mm, Data: n = 16
 ※2 Zn: 70%, Al: 30%

同様に、長期載荷試験で測定された継手すべり量の経時変化をFig. 2に示すが、現在のところ、表面処理の違いによる影響はさほど認められない。ちなみに、本図から500時間以降の変化を速度形式で表現すればいずれの表面処理の場合も $1 \sim 2 \times 10^{-5} \text{ mm/h}$ と殆ど一定的な変化を示すことがわかる。

なお、図中、Boは載荷直前の継手ボルト軸力の平均値を、またPは荷重伝達用ボルトに貼付したひずみゲージで経時変化をチェックした結果、ほぼ安定したと見做される24時間後の荷重を示すものである。これらの数値とすべり試験で求められたすべり係数から、すべり荷重に対する長期載荷試験荷重の比を求めれば無機ジंकの場合で42~44%、亜鉛アルミ溶射の場合で36%となる。

4. あとがき

すべり試験の結果、無機ジंक、亜鉛アルミ溶射継手はともに設計値を大巾に上回る良好なすべり係数値を得た。これらの結果は同時に調査した表面粗さの測定結果からも裏付けられるが、粗さが著しい場合には軸力弛緩の傾向もまた当然大きくなると考えられるので、今後、同一ロット処理の継手模型を使ってレラクセーション試験の実施を予定している。また、長期載荷試験荷重の長期変動量は供試継手にひずみゲージを貼付し、除荷時のひずみ量を測定することによって正確に把握する所存であり、とりあえず、第1回目の測定は載荷してから6ヶ月経過後を考えている。

参考文献

- 1) 石渡正夫他 「各種表面処理をした高力ボルト摩擦継手の強度について」 第31回年次学術講演概要集I-197, 1976
 - 2) 菊川春三他 「表面処理高力ボルト摩擦継手の力学的挙動に関する実験的研究」 川崎製鉄技報 Vol. 18, No. 4, 1976
 - 3) 日本道路協会 「道路橋示方書・同解説」 1973
- おわりに、本研究を遂行するにあたり、本州四国連絡橋公団設計第1部田島二郎部長には種々有益なる御教示を賜った。また、継手の表面処理に際しては関西ペイント㈱の諸氏に御尽力頂いた。ここに併せて謝意を表する次第である。

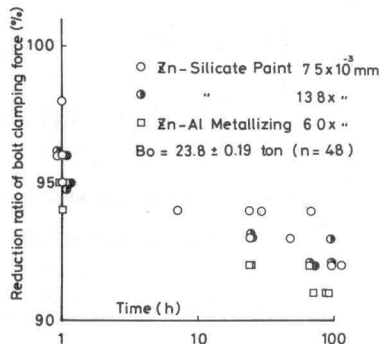


Fig. 1 Reduction of bolt clamping force

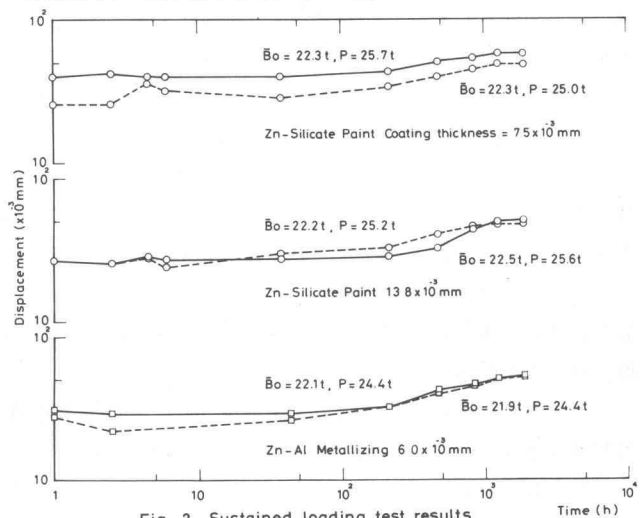


Fig. 2 Sustained loading test results