

大阪大学工学部 学生員 ○山田崇史
 大阪大学大学院 正 員 亀井義典
 大阪大学大学院 フェロー 西村宜男
 駒井鉄工(株) 正 員 秋山寿行

1. まえがき

高力ボルト摩擦接合継手の摩擦面の処理状態として従来多用されていた黒皮除去後の粗面に加え、近年、無機ジンクリッチペイント、有機ジンクリッチペイントなどの塗装が採用されるようになった。しかし我が国の道路橋示方書では摩擦面に塗装処理を施した摩擦接合継手のすべり係数に関して規定されていない。我が国がこういった状況にある中 ISO/TC167 や欧米諸国の設計規準では摩擦面の処理状態によって細分化されたすべり係数を規定しており、諸外国との競争力や継手部設計の合理化の観点からも、我が国においても摩擦面の各種処理状態に応じて適切なすべり係数を規定する必要がある。本報告では断面諸元が等しい条件の基で摩擦面処理方法のみを変化させた継手供試体を用い引張試験を行った。

2. 実験供試体および測定項目

(1) 供試体 本実験はすべり挙動を観察することが主目的であり、基本となる供試体はすべり先行型となるようすべり強度-母材降伏強度比 β を 0.7 以下とした。また連結板-母材降伏強度比 γ は 1.1 とした。図-1 に供試体図を示す。ボルト列数は 2 列および 3 列の非対称とする。初期導入軸力によるすべり係数の相違を見るため、高力ボルトの導入軸力は F10T-M20 の設計軸力 16.5tf の 1 割増および 1 割減とする。摩擦面の処理状態は道路橋示方書が規定する黒皮除去後の粗面、無機ジンクリッチペイント塗布、有機ジンクリッチペイン

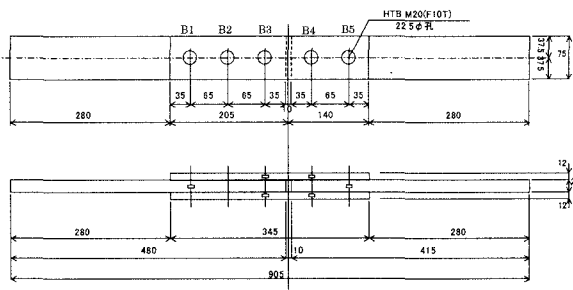


図-1 実験供試体図

□ ゲージ

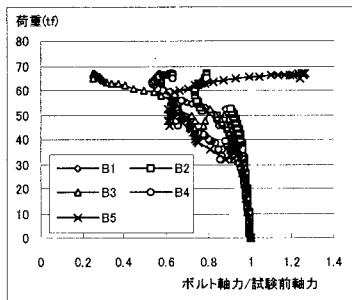
ト塗布とし、塗膜厚は 150 μm を目標値とする。摩擦面処理状態 3 種類、導入軸力 2 種類の計 6 種類、供試体は各種類ごとに 2 体とした。従って供試体の全数は 12 体である。図表中、粗面タイプを A タイプ、無機ジンクリッチペイント塗布タイプを B タイプ、有機ジンクリッチペイント塗布タイプを C タイプとする。図に示す位置のボルトの名称を B1-B5 とする。各々初期導入ボルト軸力が 18tf (設計軸力の 1 割増) の供試体をそれぞれ A18, B18, C18 とし、15tf (設計軸力の 1 割減) の供試体をそれぞれ A15, B15, C15 とする。各供試体はそれぞれ 2 体あるため A18-1, A18-2 などと表記する。

継手供試体の製作条件は以下のとおりである。

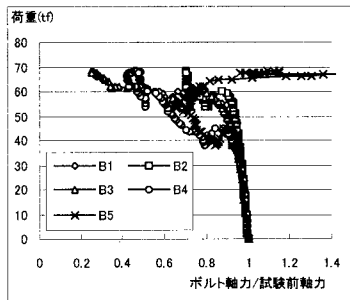
- ・高力ボルトは前述のとおり F10T, M20 を使用し、ボルト孔は呼び径に 2.5mm を加算した 22.5mm とする。鋼板は試験機の容量 (200tf) を考慮して、SM490Y を使用する。
- ・摩擦面処理が粗面の供試体の接触面は黒皮を除去した後ショットブラスト処理を行い、赤錆を発生させ、組立て時にワイヤーブラシなどを用い浮き錆を除去する。
- ・ジンクリッチペイントを塗布した供試体は少なくとも 1 ヶ月以上養生した後で組み立てる。
- ・継手供試体の締めつけにはトルクレンチを使用する。すべてのボルトにひずみゲージを 2 枚貼付し、軸力を管理しながら、3 列側中央のボルトから順次端部に向かって 2 度締めを行い、所定の初期ボルト導入軸力を導入する。また、継手引張試験は、ボルト締めつけ後、少なくとも 24 時間経過した後に行う。

(2) 測定項目 載荷能力 200tf の万能試験機(島津 Type REH-200)に供試体を鉛直に取り付け引張試験を行った。引張試験はすべりが完全に終了し、鋼板の降伏後も継手構造の耐力の低下もしくは母材、連結板のいずれかが破断するまで荷重を載荷した。測定項目は以下の通りである。

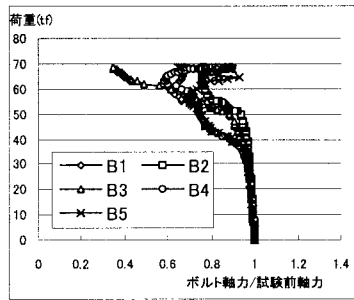
- ・高力ボルトに貼付したひずみゲージにより、ボルト締めつけ時から引張試験終了時まで継続してすべての高力ボルトの軸力を測定した。
- ・図-1 に示すように、連結板の内側ボルト列コバ面、母材の外側ボルト列コバ面にひずみゲージを貼付し、それぞれのひずみを測定した。この結果については今回は紙面の都合上省略した。



A18-1 ボルト軸力の変化



B18-1 ボルト軸力の変化



C18-1 ボルト軸力の変化

図-2 引張試験のボルト軸力の変化

A 粗面
B 無機ジンクリッチペイント塗布
C 有機ジンクリッチペイント塗布

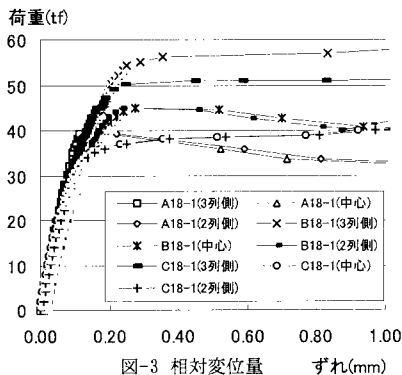


図-3 相対変位量 ずれ(mm)

表-1 引張試験によるすべり係数の一覧

	すべり強度 (tf)	すべり係数	すべり係数の 平均(軸力別)		すべり強度 (tf)	すべり係数	すべり係数の 平均(軸力別)
A18-1 2列側	39.08	0.592	0.600	A18-1 3列側	52.11	0.526	0.526
A18-2 2列側	40.08	0.607		A18-2 3列側	51.97	0.525	
A15-1 2列側	32.16	0.590	0.598	A15-1 3列側	43.95	0.537	0.563
A15-2 2列側	33.11	0.607		A15-2 3列側	48.14	0.588	
B18-1 2列側	45.09	0.683	0.680	B18-1 3列側	60.04	0.606	0.601
B18-2 2列側	44.65	0.677		B18-2 3列側	59.03	0.596	
B15-1 2列側	40.62	0.745	0.740	B15-1 3列側	55.35	0.677	0.686
B15-2 2列側	40.09	0.735		B15-2 3列側	56.98	0.696	
C18-1 2列側	37.11	0.562	0.614	C18-1 3列側	50.02	0.505	0.511
C18-2 2列側	43.89	0.665		C18-2 3列側	51.12	0.516	
C15-1 2列側	30.01	0.550	0.543	C15-1 3列側	46.07	0.563	0.575
C15-2 2列側	29.18	0.535		C15-2 3列側	48.04	0.587	

・連結板端部で母材と連結板との相対変位をボルト 2 列側と 3 列側で測定し、2 列側母材と 3 列側母材とのつき合わせ部の相対変位量を測定した。

3. 実験結果

(1) **ボルト軸力** 図-2 に引張試験のボルト軸力の変化を示す。図では横軸はボルト軸力を初期導入軸力で無次元化している。すべり強度付近まで軸力はほぼ一定の割合で抜けているが、8 すべり直前で軸力の抜けが大きくなりすべり発生後ボルト軸力に支圧による曲げの影響が認められる。有機タイプに関しては、ボルトの軸力抜けについてもねばりの様な挙動が確認でき、すべり発生後荷重が増加するような挙動を示す。

(2) **相対変位量** 図-3 に連結板端部での母材と連結板の相対変位量、母材つき合わせ部での相対変位量を示す。すべり発生まで一定の割合で変位が生じ、すべり発動直後、変位が増大する。すべり強度を相対変位が急激に増加する時点での荷重と考え、すべり強度が示すとおり、有機タイプでは最も小さい荷重ですべりが発生する。しかし、有機タイプに限ってはすべり発生後荷重が増加するような傾向をしめしている。これはジンクを塗布したことにより、ねばりが表れたものと考えられる。無機タイプに関しても同様のねばりが見られると予想されたが、今回の実験では無機タイプにそのようなねばりは見られなかった。

(3) **すべり係数** 表-1 にすべり強度、すべり係数の一覧を示す。15tf タイプについては設計軸力 16.5tf の 2 割減を設計軸力と仮定しすべり係数を算出した。すべり係数はボルト 2 列側の平均をとった場合、粗面で 0.599、無機で 0.720、有機で 0.579 となった。3 列側の平均の場合、赤錆で 0.545、無機で 0.644、有機で 0.543 となった。3 列側の場合降伏の影響もあるため(降伏強度公称値 41.2tf)2 列側のすべり係数よりも小さいと考えられる。また、導入軸力の違いによるすべり係数の平均では、2 列側ではほとんど影響を示さないが、すべり発生時に降伏の影響のある 3 列側では 18tf タイプのすべり係数が小さくなる。

4. まとめ

今回の実験によって、摩擦面に塗装処理を施した場合のすべり係数にあきらかな違いが見られた。すべり係数は道路橋示方書の規定する 0.4 を十分に確保できている。有機ジンクを塗布した場合におけるすべり係数は黒皮除去後の粗面状態よりもやや低いながらも 0.4 を確保している。降伏の影響が無い場合、すべり係数は無機ジンクを塗布した供試体が最も高