

## 直交する長孔を組み合わせた摩擦接合継手のすべり試験

○株式会社横河ブリッジホールディングス 正会員 笹嶋純司  
株式会社横河ブリッジ 正会員 水越秀和

## 1. はじめに

保全工事で高力ボルト摩擦接合を用いて既設構造物に新規部材の取付けを行う際、既設構造物への孔あけ加工の作業環境や複数の既設構造物を新規部材で接合するような場合など、施工条件によってはボルト孔の精度確保が難しい場合がある。また、施工時間に制約があり継手のボルト孔合わせ作業に十分な時間が確保できない場合も考えられることから、調整代をもつ継手構造として従来では拡大孔や長孔などの適用がなされている。なかでも、橋梁でよく用いられるボルトサイズ(M22)の標準孔をベースとした既往の研究例が少ないことから、今回直交する長孔を用いた摩擦接合継手のすべり特性について検証を行った。

## 2. 実験概要

供試体は突き合わせた母板2枚を2枚の連結板で挟み込む2面摩擦継手とした。表1に供試体一覧を、図1に供試体諸元および強度特性値を示す。接合面処理はブラスト処理で規定の表面粗さにしたのち無機ジンクリッチペイントを塗布した。ボルトは片側2本配置とし、ボルト孔径は道路橋示方書におけるM22の標準孔である24.5mmとした。長孔の長辺寸法としては丸孔、標準孔の2倍(49mm)と2.5倍(61mm)の3ケースを実施した。また、ボルト間隔として75mmと100mmの2ケースを検討した。既往の研究を参考にし標準のワッシャに加えて補強座金(6mmおよび9mm)の効果についても検討した。母板の板厚を28mm、連結板の板厚を14mmとし、材質はともにSM490Yとした。長孔の加工は孔内面の仕上げ程度がよく寸法精度の高いレーザー加工とした。母板側で長孔の長手方向を荷重作用方向に一致させ、連結板側は母板の長孔と直交する方向とした。供試体の幅は最も大きい長孔(61mm)の場合で、連結板の長孔の長辺方向の最小縁端距離が37mm以上確保される幅112mmとし、母板側の長辺方向の最小縁端距離は50mmとした。組立て前に孔周辺の接触面の膜厚計測と締付け後24時間経過したボルト軸力の計測を行い、载荷中は荷重、クロスヘッド変位、母板と連結板の相対変位量、ボルト軸力を計測した。使用するボルトは摩擦接合用高力ボルトM22(F10T)とし、試験側の2本についてはひずみゲージを埋込み軸力を計測しながら設計軸力(205kN)の10%増しの軸力を導入した。固定側2本については設計軸力の30%増しの軸力をトルク法で導入した。供試体のすべり降伏比はすべり係数を0.4、鋼材降伏点

表1 供試体一覧

供試体	孔径 (mm)	ボルト間隔 (mm)	補強座金厚 (mm)
A	φ24.5	75	なし
B	φ24.5×49		9
C			6
D			なし
E	φ24.5×61	100	6
F			

※各供試体とも3体ずつ製作した。

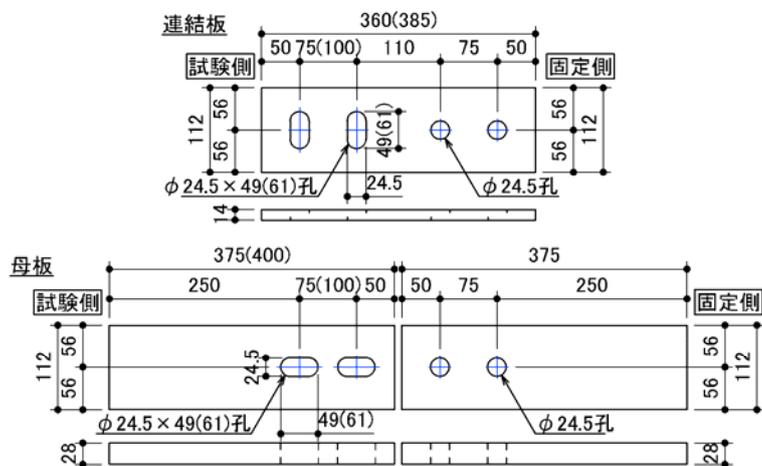


図1 供試体諸元および特性値

キーワード：継手，高力ボルト，すべり係数，拡大孔，長孔

連絡先：〒261-002 千葉県千葉市美浜区新港 88 Tel 043-247-8411 / Fax 043-247-8412

の下限値  $365\text{N/mm}^2$  とした場合で  $0.629$  となり、すべりが先行し母材降伏の影響を受けない範囲である。载荷には  $2\text{MN}$  万能試験機を使用し、载荷速度は  $1\text{kN/s}$  とした。すべり発生後、終局状態の確認のため载荷は部材の破断まで実施した。

### 3. 実験結果

表2に試験結果の一覧を図2にすべり係数と補強座金厚の関係、図3に荷重-クロスヘッド変位関係の一例を示す。表中の数値はいずれも3体の平均値である。表中のすべり係数は载荷で得られたすべり荷重と設計ボルト軸力から算出した。標準孔の供試体Aのすべり係数は  $0.662$  となり、補強座金を使用しない供試体D、補強座金  $6\text{mm}$  の供試体C、補強座金  $9\text{mm}$  の供試体Bの結果から補強座金の増厚によりすべり係数の上昇傾向が確認された。また、補強座金を  $6\text{mm}$  としボルト間隔が  $100\text{mm}$  の供試体E、供試体Eの諸元に加えて長孔を拡大した供試体Fの結果から、長孔寸法やボルト間隔の拡大ですべり係数が減少する傾向が確認できた。なお、いずれの供試体のすべり係数も設計すべり係数  $0.45$  を上回った。供試体はすべて試験側のボルトが先行してすべり、その後固定側にすべりが生じた。終局状態は供試体AからEまではボルトのせん断による破断、供試体Fは連結板の中央側長孔部の最小縁端部分の破断となった。载荷後、母板および連結板のはし抜け荷重による変形、連結板の中央寄り長孔部断面にくびれ変形が残留し、補強座金の荷重作用方向へのずれも観察された。母板と連結板の接触面はジंक層のこすれ跡のほか、ジंक層が面圧で押しつぶされ金属光沢を有した状態となっている箇所や金属光沢を有した面が荒れた状態になっている箇所が観察された。供試体E、Fの補強座金の板厚( $6\text{mm}$ )については供試体B、C、Dの試験結果から決定したが、補強座金なしの供試体Dのボルト締付け時に設計軸力付近において全数ボルトが共回りしたことから、ボルトの締付け管理上支障があるとの考えからであり、本構造では標準ワッシャ厚と同程度以上の補強座金の使用が望ましいと考える。組立て前の供試体の接合面の膜厚は設計膜厚  $75\mu\text{m}$  に対して平均  $103\mu\text{m}$  (標準偏差  $7\mu\text{m}$ ) となっており、部位ごとの極端なばらつきは見られなかった。ボルト軸力に関しては、締付け後24時間経過時点で平均  $210\text{kN}$ 、载荷直前で平均  $204\text{kN}$  であった。

### 4. まとめ

本実験により得られた知見は以下のとおりである。①ボルト孔をボルト孔径の2倍の長孔とした場合、補強座金  $6\text{mm}$  を使用した状態で標準孔の場合に比べてすべり係数は1割程度低下した。②長孔部に補強座金を使用した場合、座金の増厚によりすべり係数は増加する傾向を見せた。③ボルト孔をボルト孔径の2.5倍の長孔とした場合、2倍の場合に比べてすべり係数は低下した。④ボルト間隔を  $75\text{mm}$  から  $100\text{mm}$  に広げた場合、すべり係数は低下した。⑤補強座金を使用しない場合、長孔部のボルト締付け時にすべてのボルトについて共回りが発生した。⑥長孔寸法  $61\text{mm}$  の供試体諸元の範囲では、終局状態はボルトのせん断にともなう破断であった。

表2 試験結果一覧

供試体	すべり荷重 kN	すべり 係数	载荷直前ボルト軸力(kN)		最大荷重 kN	終局状態	変状
			中央	端部			
A	542.5	0.662	206.4	205.6	968.6	試験側ボルト破断	
B	500.2	0.610	205.9	204.1	943.1	固定側ボルト破断	
C	483.9	0.590	202.1	202.1	939.2	固定側ボルト破断	
D	453.1	0.553	206.3	206.7	920.5	試験側ボルト破断	共回り発生
E	477.6	0.582	202.5	201.7	944.6	固定側ボルト破断	
F	431.2	0.526	204.3	205.2	865.0	連結板長孔部破断	共回り発生

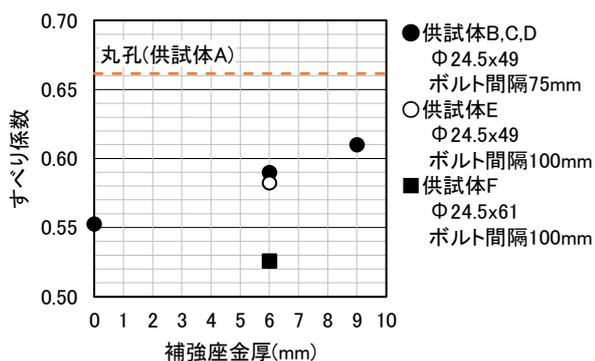


図2 すべり係数と補強座金厚の関係

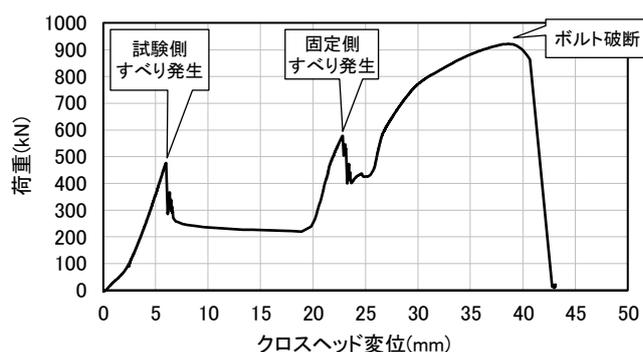


図3 荷重-クロスヘッド変位曲線の一例