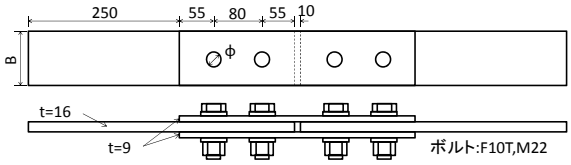
母材を SBHS500 とした高カボルト摩擦接合継手の強度特性

大阪市立大学大学院　正会員　山口　隆司　大阪市立大学大学院　学生会員　森山　仁志
日本鉄鋼連盟　正会員○高木　優任　日本鉄鋼連盟　正会員　岡本　隆

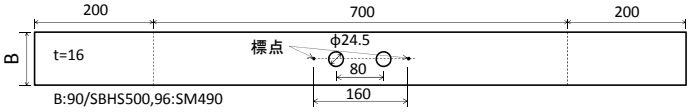
1.はじめに　橋梁建設の合理化に資する材料として開発された高性能鋼 SBHS は，従来鋼(SM)に比べ高い降伏強度を有することが特長の一つである。鋼橋の現場接合として高力ボルト摩擦接合が多用されているが，母材に SBHS を用いた場合の性能について検証した例は少ない。本報では，母材ならびに連結板に SBHS500 を用いた高力ボルト摩擦接合継手について行った各種の試験結果を報告する。

2.試験方法　本試験では，SBHS500 と SM570 の２種類の鋼材を用意し，これらを母材ならびに連結板とした高力ボルト摩擦接合継手と孔あき鋼板を作成した。両者の試験を行い，結果を比較することにより性能の確認を行うこととした。着目した特性は，①接合面の状態，②ボルト軸力のリラクセーション，③すべり係数，④拡大孔の影響，⑤孔あき鋼板の強度，である。①~④は**図-1(a)**に示す，片側に高力ボルト(F10T、M22)2 本を有する 2 面摩擦接合継手により確認した。**表-1** にすべり試験のケースを整理した。接合面の処理は，現在橋梁で標準的な仕様である，ブラスト面と無機ジンクリッチペイント(以下、無機ジンク)塗布面(目標膜厚 80μm)とした。試験体の寸法は，文献 1)の標準試験片を参考に，すべりが先行するように，すべり/降伏耐力比 β=0.63 程度を目標とした。継手の片側をすべり面とし，ボルト軸部に貼付したひずみゲージで軸力の管理を行い，設計軸力の 10%増しの軸力を導入した。また，⑤は**図-1(b)**に示す孔あき鋼板の試験体により確認した。孔あき鋼板は，継手試験体の母板に相当する，軸方向に 2 つの孔を有する板厚 16mm の鋼板である。材料引張試験の結果を**表-2** に示す。SBHS500 の方が SM570 よりも降伏比が高く，母板となる t=16mm の方でその差が大きい。

3.試験結果と考察　(1)接合面の状態　技術者管理のもと，SBHS500 と SM570 で可能な限り同一の条件(グリッド投射の時間，距離，圧力などを一定)でグリッドブラスト処理を行い，ボルト孔まわりの表面粗さ(Ra,Rz,Rzjis)の計測を行ったが，鋼種の違いによる表面粗さの差は見られなかった。また，無機ジンクの塗膜厚も測定したが，両鋼種とも目標膜厚に近い膜厚が確保されていた。



(a) 高力ボルト摩擦接合継手



(b) 孔あき鋼板

図-1　試験体形状（単位:mm）

表-1　すべり試験の試験ケース

試験体名	鋼種	B (mm)	φ (mm)	β	N 数	接合面
BZ4	SBHS500	90	24.5	0.63	5	無機ジンク
BB4					3	
BZ6			26.5	0.65	3	ブラスト
MZ4	SM570	96	24.5	0.62	3	無機ジンク
MB4					3	ブラスト

表-2　材料試験結果(3 本の平均)

鋼種	t (mm)	σ_y (N / mm^2)	σ_B (N / mm^2)	YR
SBHS500	9	537	588	0.91
	16	595	627	0.95
SM570	9	546	611	0.89
	16	474	592	0.80

(2)ボルト軸力のリラクセーション試験　ボルトの締め付け後，1 週間程度のボルト軸力の計測により得られたリラクセーション試験の結果を**図-2** にまとめる。ブラスト面と無機ジンク面でリラクセーション特性に違いが見られるが，これは無機ジンクのクリープの影響が顕著なためと考えられる。同一の処理面間での比較では，鋼種の違いによるリラクセーション特性の違いは観察されず，ほぼ同等の値となった。

キーワード　SBHS，高力ボルト継手，孔あき鋼板
連絡先　〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10　(一社)日本鉄鋼連盟　橋梁用鋼材研究会　TEL: 03-3669-4815

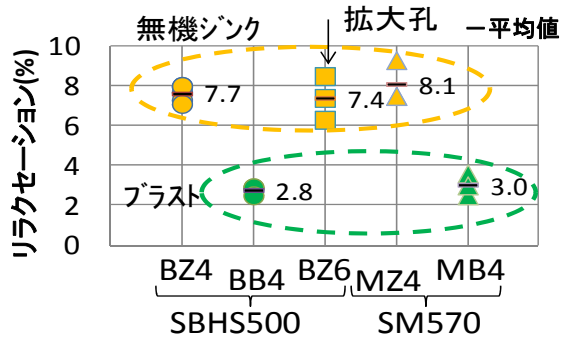


図-2　ボルト軸力のリラクセーション

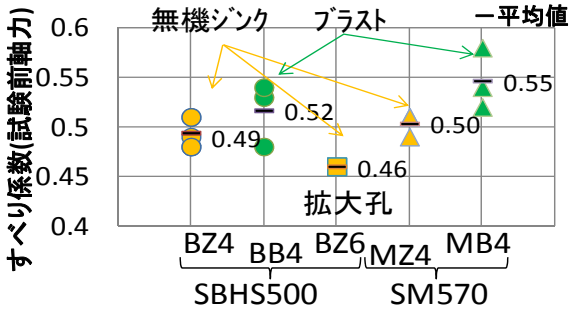


図-3　すべり係数(試験前軸力での評価)

(3)接合面のすべり係数　標準すべり試験 [1]の結果得られたすべり係数を**図-3** にまとめる。ブラスト面，無機ジンク面のいずれでも，鋼種が異なってもすべり係数に有意な差は認められない。ブラスト面の方が相対的にすべり係数が高く，ばらつきも大きいが，これはブラスト面の算術平均粗さが比較的高かった(Ra=15 μ m 程度)ことが影響していると考えられる。また,すべり試験中，母板 - 連結板間の相対変位を計測したが，いずれの試験体もすべり発生までは線形に挙動し，明瞭に音がすることなくすべりを生じて相対変位が増加したが，ボルトが支圧状態になると再び荷重は上昇し始め，最後は母板または連結板のボルト孔純断面部でくびれを生じて終局に至った。

(4)拡大孔の影響　試験体 BZ4 と BZ6 は SBHS500，無機ジンク面の試験体であるが，ボルト孔をそれぞれ標準孔(ボルト呼び径+2.5mm)と拡大孔(+4.5mm)としている。すべり試験の結果，ボルト孔を M22 用の標準孔試験体(BZ4)と比較して，拡大孔試験体(BZ6)のすべり係数の 3 体の平均値は，6%程度低い値であった。

(5)孔あき鋼板の強度　孔あき鋼板の単純引張試験の結果を**表-3** にまとめる。降伏荷重 P_y は荷重-アムスラー間の全体変位関係における剛性変化点とした。また，**図-4** にボルト孔近傍の応力集中ゲージによる孔周辺の応力分布の計測結果を示す。**図-4** では，計測されたひずみを応力 σ に換算し，載荷荷重 P を総断面積 $A_g=(B \times t)$ で除した公称応力 σ_g で無次元化している。**図-4** からボルト孔周辺に応力集中が生じていることが確認されるが，**表-3** に示すように，試験での降伏荷重 P_y^*は材料試験結果から得た降伏耐力 P_y に対して，SBHS500 はほぼ同程度，SM570 は 8%程度の低下となった。これより，孔周辺で局部的に降伏を生じても，純断面部全体が降伏するまで荷重分配が行われ，孔あき鋼板においても十分な強度を有しているといえる。**図-5** はアムスラー間で測定した全体変位のうち，降伏荷重 P_y^*以降の塑性変位の計測結果を示した図である。SBHS500，SM570 のいずれも降伏後に変形は増大しながらも荷重は上昇し，試験での最大荷重 P_u^*は材料試験結果に基づく純断面の引張耐力 P_u を超えた。SBHS500 の方が若干，その強度上昇が小さく，降伏比が高いことの影響を受けているが，ボルト孔部純断面での引張耐力は十分確保できており，終局強度に注意して設計すれば問題はないと考えられる。

表-3　孔あき鋼板の引張試験結果

鋼種	降伏耐力(計算値) P_y (kN)	引張耐力(計算値) P_u (kN)	降伏荷重(実験値) P_y^* (kN)	最大荷重(実験値) P_u^* (kN)	P_y^*/P_y	P_u^*/P_u
SBHS500	620	652	611	692	0.99	1.06
SM570	502	627	461	650	0.92	1.04

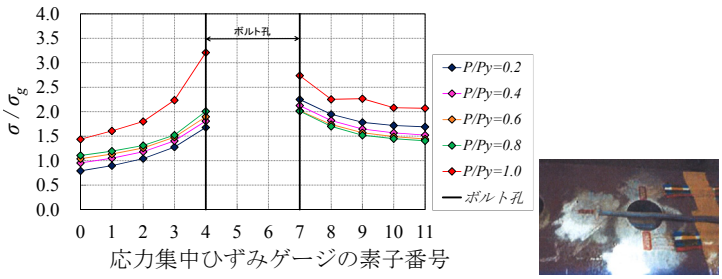


図-4　孔あき鋼板の応力集中(SBHS)

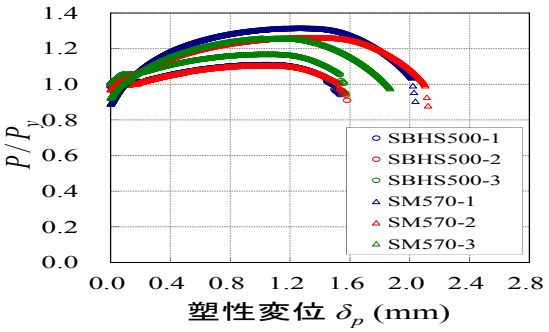


図-5　孔あき鋼板の荷重ー伸び関係

参考文献 1)土木学会,高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案),2006.12