# 高力ボルト摩擦接合継手の圧縮荷重下の耐荷性能に与える鋼材強度の影響

東京工業大学　学生会員　○平尾　賢生　　東京工業大学　正会員　佐々木　栄一
横浜国立大学　正会員　田村　洋　　iエンジニアリング　正会員　三ツ木　幸子
京都大学　正会員　北根　安雄

## １．はじめに

鋼橋等で用いる高力ボルト摩擦接合継手に関して，これまでに引張荷重下での耐荷性能についての研究が多くなされている[1),2)]．一方で，ポアソン効果により，圧縮荷重下では引張荷重下の場合と比べて耐荷性能が異なる可能性がある．圧縮荷重下においては母材及び添接板の強度や板厚構成といった因子が高力ボルト摩擦接合継手の耐荷性能に与える影響について未解明であるなど，検討すべき点が多く残されている．

本研究では，鋼材強度，すなわち，母材及び添接板の強度や板厚構成を影響因子として着目し，それが圧縮荷重下での高力ボルト摩擦接合継手の耐荷性能へ与える影響を明らかにする．鋼材強度が高力ボルト摩擦接合継手の降伏やすべりに与える影響を確認するため，1 行 2 列の高力ボルト摩擦接合継手を対象に圧縮載荷実験を行った．また，実験の再現性と荷重伝達機構の解明のため，FE 解析を行った．

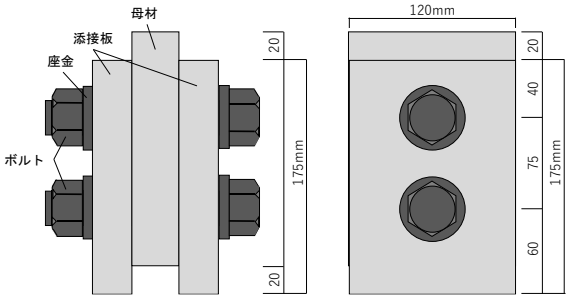
**表－1**　供試体ケース

| 供試体名 | 母材厚さ [mm] | 添接板厚さ [mm] | 鋼材組み合わせ (母材-添接板) | すべり/降伏耐力比 β | No. |
|---|---|---|---|---|---|
| t9-1 | 9 | 9 | SS400-SS400 | 1.85 | 1 |
| | | | | | 2 |
| | | | | | 3 |
| t9-2 | | | SM490YA-SS400 | 1.24 | 1 |
| | | | | | 2 |
| | | | | | 3 |
| t9-3 | | | SM490YA-SM490YA | 1.24 | 1 |
| | | | | | 2 |
| | | | | | 3 |
| t22-1 | 22 | 12 | SS400-SS400 | 0.74 | 1 |
| | | | | | 2 |
| t22-2 | | | SM490YB-SS400 | 0.48 | 1 |
| | | | | | 2 |
| t22-3 | | | SM490YB-SM490YA | 0.48 | 1 |
| | | | | | 2 |

## ２．実験概要

### 2.1　実験供試体

1 行 2 列の高力ボルト摩擦接合継手を模擬し，表面塗膜厚を 85～100$\mu m$，接触面数を 2 面摩擦，ボルト孔径を 24.5$mm$と一定に設定した．高力ボルトはトルクレンチにより締付けトルクを制御し，設計ボルト軸力を 205$kN$とした．すべり/降伏耐力比$\beta$が 1.0 より小さい供試体をすべり先行型，$\beta$が 1.0 より大きい供試体を降伏先行型として，母材及び添接板の板厚の組み合わせを決定し，かつ，鋼材強度を組み合わせることでホモジニアス継手とハイブリッド継手を製作した．それらの組み合わせをパラメータとして**表－1** に示すケースの実験を行った．使用した高力ボルトは F10T(M22)であり，供試体の形状は**図－1** に示す．




**図－1**　供試体の形状と各部名称

### 2.2　実験方法

添接板を固定端とし，母材に載荷するように供試体を設置したうえで，供試体をアクリルパイプで覆い，載荷能力 1,000$kN$の万能試験機により圧縮載荷実験を行った．

## ３．実験結果と考察

**表－2** に圧縮載荷実験で得られた結果をまとめた．本研究でのすべり荷重は，最も早いすべりが生じるまでの最大

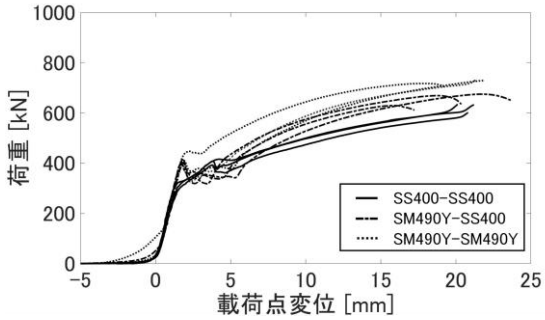
**表－2**　各ケースのすべり荷重

| 供試体名 | 母材厚さ [mm] | 添接板厚さ [mm] | 鋼材組み合わせ (母材-添接板) | すべり/降伏耐力比 β | No. | すべり荷重 [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| t9-1 | 9 | 9 | SS400-SS400 | 1.85 | 1 | 394.8 |
| | | | | | 2 | 419.9 |
| | | | | | 3 | 415.4 |
| t9-2 | | | SM490YA-SS400 | 1.24 | 1 | 419 |
| | | | | | 2 | 413.4 |
| | | | | | 3 | 423.6 |
| t9-3 | | | SM490YA-SM490YA | 1.24 | 1 | 412.2 |
| | | | | | 2 | 419.6 |
| | | | | | 3 | 455 |
| t22-1 | 22 | 12 | SS400-SS400 | 0.74 | 1 | 495.2 |
| | | | | | 2 | 417.3 |
| t22-2 | | | SM490YB-SS400 | 0.48 | 1 | 500.8 |
| | | | | | 2 | 409.3 |
| t22-3 | | | SM490YB-SM490YA | 0.48 | 1 | 506.1 |
| | | | | | 2 | 430.6 |

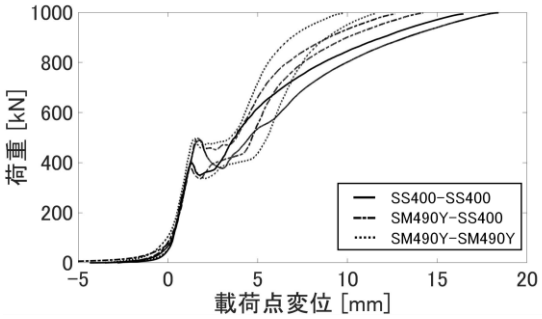
キーワード　高力ボルト摩擦接合継手，圧縮，すべり/降伏耐力比，ホモジニアス継手，ハイブリッド継手
連絡先　〒152-8550　東京都目黒区大岡山 2 丁目 12-1　ＴＥＬ03-3726-1111


© Japan Society of Civil Engineers

荷重とする．**図－2** は母材厚さ 9*mm*，**図－3** は母材厚さ 22*mm*の荷重-載荷点変位関係である．**図－2** より，降伏先行型継手において，$\beta$が 1.24 以下の場合，すべり先行型に似た挙動を示したため，$\beta$が 1.24 以下であれば，添接板を低強度化して使用可能であると考えられる．また，**図－3** より，すべり先行型継手は，すべりまでは検討した全てのケースで同じ挙動を示し，すべり後挙動は母材の強度に依存することが明らかになった．



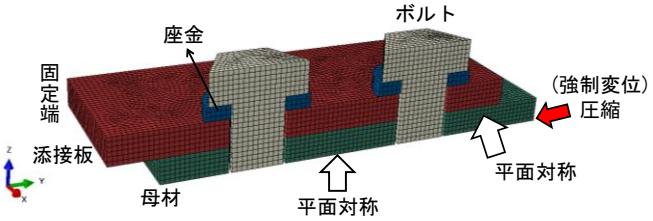

**図－2**　母材厚さ 9*mm*の荷重-載荷点変位関係



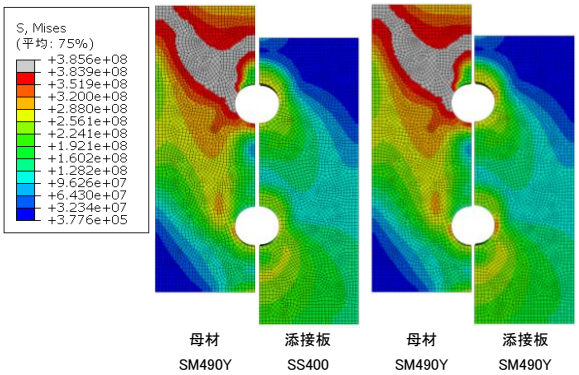

**図－3**　母材厚さ 22*mm*の荷重-載荷点変位関係

## ４．解析的検討

実験の再現性と荷重伝達機構の解明のため，FE 解析を行った．解析モデルは，供試体の 1/4 対象モデル(**図－4**)とし，母材，添接板，ボルト，座金は 8 節点ソリッド低減積分要素(六面体要素)とした．要素サイズは 2*mm*とし，ボルト中心は 1 周 36 分割とした．添接板の固定端は y 方向変位の拘束をして，強制変位を作用させることで圧縮荷重を表現し解析を行った．その結果，すべり耐力の推定に関して，解析値と実験値が概ね一致したため，本解析手法は有効であることを確認した．また，すべりが生じる直前の摩擦面の応力分布では，全てのケースで同様な結果が得られたため，ここでは母材厚さ 9*mm*のケースについて示す(**図－5**)．これより，ホモジニアス継手とハイブリッド継手の応力分布が同様であることが確認され，低強度鋼材を添接板に用いたハイブリッド継手はすべり発生まではホモジニアス継手と同様の耐荷機構であると考えられる．




**図－4**　解析モデルと要素分割の例




**図－5**　母材厚さ 9*mm*供試体モデルの摩擦面応力分布

## ５．おわりに

本研究では，鋼材強度，すなわち，母材と添接板の強度及び板厚構成を影響因子として着目し，それが高力ボルト摩擦接合継手の圧縮荷重下の耐荷性能へ与える影響を明らかにすることを目的として，実験と解析を行った．その結果から，圧縮側継手の場合，$\beta$が 1.24 以下では，添接板を低強度化することができ，すべり発生までの範囲においてハイブリッド継手の実現可能性を示した．

## 参考文献

1)高井俊和ほか, 高力ボルト継手の変動を考慮した終局荷重及びエネルギー吸収量に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.62A, pp.715-725，2016.3.

2)南邦明ほか，摩擦面の状態が高力ボルト継手のすべり耐力に及ぼす影響，土木学会第 59 回年次学術講演会，pp.1171-1172，2004.9.

© Japan Society of Civil Engineers