

高力ボルト摩擦接合引張継手の強度に関する実験

駒井鉄工（株） 正 員 播本章一 駒井鉄工（株） 正 員 秋山寿行
大阪大学工学部 正 員 西村宣男 大阪大学工学部 正 員 亀井義典
大阪大学工学部 学生員○高木優任

1. はじめに 近年、諸外国においては、限界状態設計法に準拠した鋼構造設計規準が大勢を占める傾向にある。我国の土木分野における鋼構造設計規準への限界状態設計法の導入に備え、一般的な継手構造である高力ボルト摩擦接合継手に関しても、使用限界状態および終局限界状態について系統的な見直しが必要であると考えられる。本研究では、高力ボルト摩擦接合継手の各種限界状態、すなわち、摩擦面のすべり、ボルト破断、母材および添接板の破断に着目し、系統的に計画した継手試験体を用いて、許容応力度設計法に準拠した我国と、すでに限界状態設計法に移行している諸外国の鋼構造設計規準との相違点、つまり、摩擦面のすべり係数、すべり耐力に対する安全率、引張材における有効断面積について検討し、我国における限界状態設計法の導入に際しての基礎データを提供することを目的とする。

2. 実験供試体 前述の問題点を確認するため、以下の3つの継手形式を考えた。摩擦面のすべり係数およびボルトの破断強度を調べるAタイプ。継手部材の有効断面積を調べるBタイプ（Bタイプにおいて、母材に着目したものをBfタイプ、添接板に着目したものをBsタイプとする）。そして、実際の設計では母材および添接板の降伏強度と摩擦面のすべり強度が等しくなる場合もあるので、これらの強度を設計上等しくしたCタイプを考えた。供試体の概要を表-1に示す。なお、高力ボルトはF10T, M20を使用し、供試体の摩擦面はショットブラストによりミルスケールを除去した後赤錆を発生させ、組

表-1 継手供試体の概要

タイプ	継手形式	母 材	添接板	ボルト本数	供試体数
A 4		SW58 板厚42mm Ag=75.6cm ² An=56.3cm ²	SW50Y 板厚22mm Ag=79.2cm ² An=59.0cm ²	一次すべり側 4本 二次すべり側 6本	3体
A 6				一次すべり側 6本 二次すべり側 8本	3体
B f 4	突き合わせ	SS41 板厚10mm Ag=13.5cm ² An= 8.9cm ²	SS41 板厚10mm Ag=27.0cm ² An=17.8cm ²	4本/片側	3体
B f 6	2面せん断			6本/片側	3体
B s 4	ボルト	SW50Y 板厚25mm Ag=33.8cm ² An=22.3cm ²		4本/片側	3体
B s 6	2列配置			6本/片側	3体
C 6		SW50Y 板厚10mm Ag=32.1cm ² An=22.0cm ²	SW50Y 板厚11mm Ag=32.1cm ² An=22.0cm ²	6本/片側	3体

立前にこれを除去したものとした。

3. 継手引張試験結果

実験の結果得られた荷重-継手供試体の全伸びの関係の代表的なものを図-1に示す。図中の記号Nは荷重を表し、添字Y, S, L, Uは各々降伏荷重、道示¹⁾によるすべり荷重、終局荷重の公称値、そしてF, S, Bはそれぞれ母材、添接板、ボルトを意味する。Aタイプは初め線形に伸びが

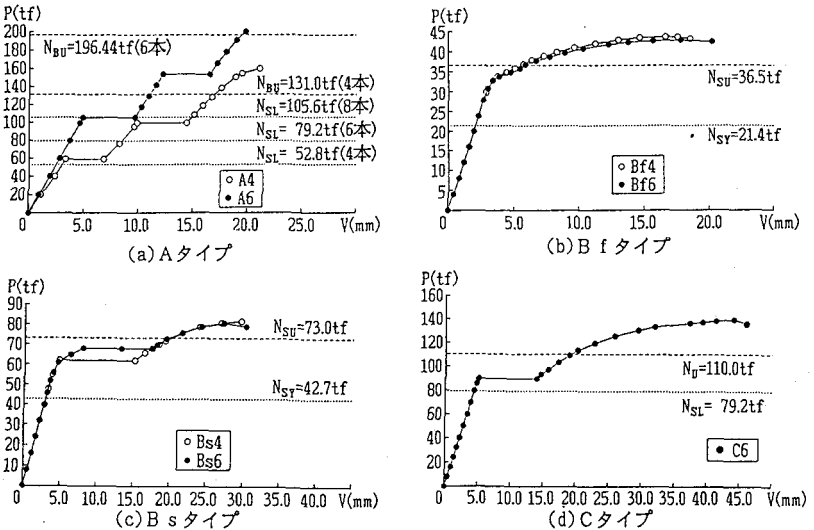


図-1 供試体 荷重-全伸び関係

Syouchichi HARIMOTO, Hisayuki AKIYAMA, Nobuo NISHIMURA, Yoshinori KAMEI, and Masahide TAKAGI

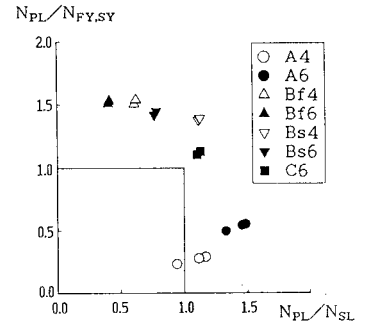
増加していき、伸びが急激に増加している箇所で摩擦面の主すべりが発生する。ボルトが支圧に達した後も母材および添接板は健全であるため、伸びは線形的に増加し、最終的にはボルトの塑性化に伴い荷重－伸びの勾配が緩み、ボルトが破断に至る。B f タイプでは全体的なすべりが現れず、ボルト最外列より外側でのみ母材の降伏に伴うすべりが発生し、内側のボルト列ではすべりは認められなかった。B f 4 と B f 6 とでは純断面が等しいため、強度特性に大きな相違はみられなかった。B s タイプは内側のボルト列付近より添接板が降伏し、それに伴うポアソン効果によりボルトの軸力抜けが促進され、全体のすべりに至った。B s タイプではボルト本数の相違はすべり荷重に僅かに影響をおよぼす。C タイプは母材、添接板の降伏およびすべりが同時に発生するように設計した供試体であるが、板厚の減少によるボルト軸力の低下の影響ですべりが先行する形となった。

4. 継手強度の総括 実験の結果得られた各供試体の降伏強度とすべり限界の相関を示したものが図－2である。横軸は弾性限界の実測値 N_{PL} を道示の規定に従い算出したすべり荷重の公称値 N_{SL} で無次元化した値を表し、縦軸は N_{PL} をボルト孔を控除した純断面で評価した母材または添接板の降伏強度の公称値 $N_{FY,SY}$ で無次元化した値を表す。すべりで弾性限界を迎えるAタイプ試験体およびCタイプ試験体において、A 6タイプはすべり荷重の公称値に対し、30%以上の余剰強度を有するが、A 4タイプ、C 6タイプではすべり荷重の公称値に対し、平均で10%程度の余剰強度を有するにとどまり、道示によるすべり荷重の公称値は実測値に近い値となっている。それに対し、母材または添接板の有効断面を調べるB f、B sタイプでは、実測値は道示に従い算出した母材または添接板の降伏強度の公称値に対し40～50%の余剰強度を有しており、ボルト孔を控除した純断面を有効断面とする道示の規定は継手の降伏強度を過小に評価しているといえる。

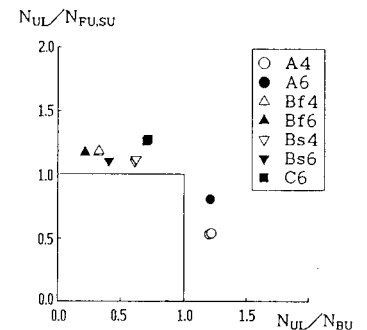
各供試体の母材または添接板の破断強度とボルトの破断強度の相関を示したものが図－3である。横軸は継手の終局強度の実測値 N_{UL} をボルトの破断強度の公称値 N_{BU} で無次元化した値を表し、縦軸は N_{UL} をボルト孔を控除した純断面と材料強度の公称値より評価した終局強度 $N_{FU,SU}$ で無次元化した値を表す。ボルトが破断に至ったAタイプでは20%程ボルト破断の公称値を上回っている。また、母材あるいは添接板が破断したB・Cタイプでは実測値が10%以上母材または添接板の破断に対する公称値を上回っていることがわかる。

5. 結論 本実験より、高力ボルト摩擦接合引張継手の強度に関して次のような結果が得られた。(1) 摩擦面のすべり係数について、すべりで弾性限が決まった供試体においてA 4、Cタイプでは道示のすべり係数 0.4で評価した公称値は実測すべり荷重に近い値となり、これらの供試体では公称値は良い値となる。(2) 引張材における有効断面について、母材あるいは添接板の降伏により弾性限が決まった供試体のB f、B sタイプでは実測値が母材あるいは添接板の降伏の公称値に対しかなりの余剰強度を有しており、ボルト孔を控除した純断面を有効断面とする道示の規定は継手の降伏強度を過小に評価する傾向がある。(3) 道示においては、ボルトの破断強度、母材または添接板の破断強度といった終局強度は問題とされていないが、一部の外国規準に見られるように終局限界状態としてこれらの終局強度を考えることにより、継手システムの終局限界の上昇が期待できる。

<参考文献> 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説,1990.2.



図－2 母材または添接板の降伏強度とすべり限界の相関



図－3 母材または添接板の破断強度とボルト破断強度の相関