

金属工事におけるボルト接合部に関する実験
その3 外壁取付部の実験

非構造部材 金属工事 ボルト接合部
スロット孔 すべり係数

正会員 ○ 佐藤秋雄*1 正会員 黒澤未来*2
同 吉敷祥一*3 同 巽信彦*4
同 鈴木翔*1 同 中島一浩*5
同 川邊裕一*5 同 清家剛*6

1. はじめに

前報では、ボルト孔形状や表面処理の異なる場合のすべり係数への影響を確認した。本報(その3)では、金属工事における具体的な適用例として金属外壁取付部を考え、実用部材のすべり挙動について考察する。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体は、図1に示すような金属外壁と構造躯体の接合部分である外壁取付部を模したボルト接合部である。試験体の概要をセットアップを兼ねて図2に、試験体の詳細を図3に示す。ボルト接合部は、構造躯体に取り付くファスナー、外壁を支える胴縁および両者を締め付けるボルトによって構成される。ファスナーは板厚6mmの鋼板を曲げ加工して製作した長さ75mmの等辺山形断面部材:75x75x6を用い、胴縁には長さ100mmの等辺山形鋼:50x50x4を用いる。これらの材質は、非構造部材の接合を想定して一般構造用鋼板(SS400)またはオーステナイト系ステンレス鋼(SUS304)を用いる。ボルト接合部の表面処理は、前報と同様に(i)溶融亜鉛めっき、(ii)溶融亜鉛めっきのリン酸塩処理、(iii)電気亜鉛めっきの有色クロメート処理、(iv)電気亜鉛めっきの有色クロメート処理と一液形変性エポキシ樹脂錆止めペイント、(v)ステンレスの梨地の5種類とする。また、ボルト孔形状は前報における形状5と形状6に相当する縦スロット孔と横スロット孔の組合せを用いる。ファスナー側を縦スロット孔、胴縁側を横スロット孔とする。

2.2 実験パラメータ

実験パラメータは、上述した表面処理に加え、締結部材の種類および荷方向である。締結部材には、高力ボルト(ただし、昨今の状況から相当材として強度区分10.9の六角ボルトを用いる)、および強度区分4.8の六角ボルト(以下普通ボルト)の2種類を用いる。いずれもボルトの呼び径はM12である。さらに、普通ボルトには一般的なゆるみ留めであるばね座金を介入する。荷方向は、外壁に作用する風圧力の正負を想定し、引張および圧縮方向の2種類とする。

荷を行った試験体一覧を表1に示す。表は縦に締結部材の種類と荷方向の組合せを、横に表面処理の種類を示しており、○を付した組合せについて試験体をそれぞれ5体用意して実験を行った。

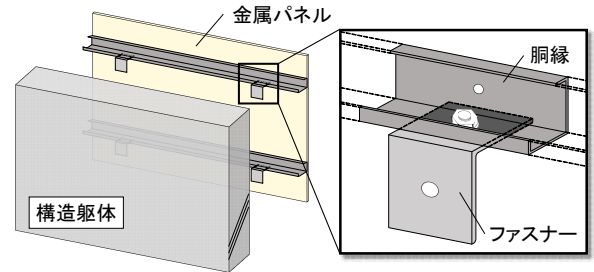


図1 金属外壁と構造躯体の接合部概要

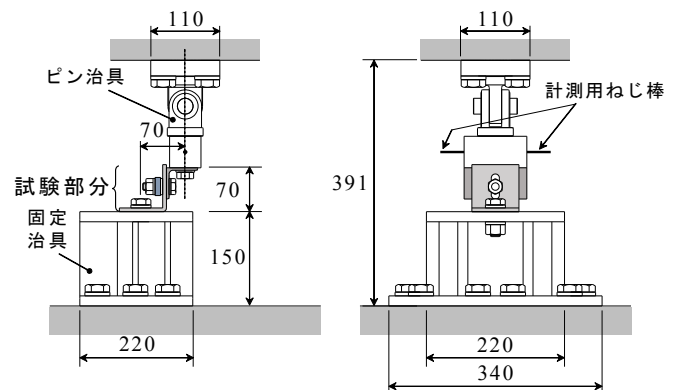


図2 セットアップ

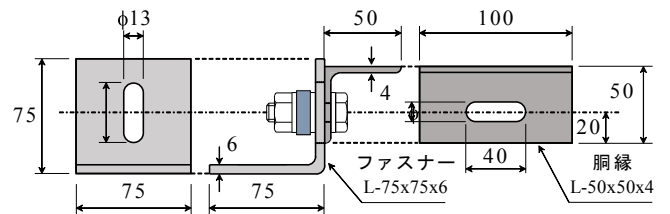


図3 試験体詳細

表1 実験パラメータ

No.	締結部材	荷方向	表面処理				
			HDZ	HDZP	EP	EPJP	SUS
1	高力ボルト	引張	○	○	○	○	○
2	相当(10.9)	圧縮	○	○	○	○	○
3	普通ボルト	引張	○	—	—	—	○
4	(4.8)	圧縮	○	—	—	—	○

2.3 セットアップ

試験体は、まず図2に示したようにファスナー側を固定治具を介して試験機に固定し、胴縁側はピン治具を介して上部の試験機に固定する。その後実験対象であるボルト接合部の締付を行う。実験は引張もしくは圧縮側への単調荷とし、引張荷時には最大耐力後の耐力低下、圧縮荷時にはボルトどうしの接触などにより急激な耐力上昇がそれぞれ確認できるまで行った。

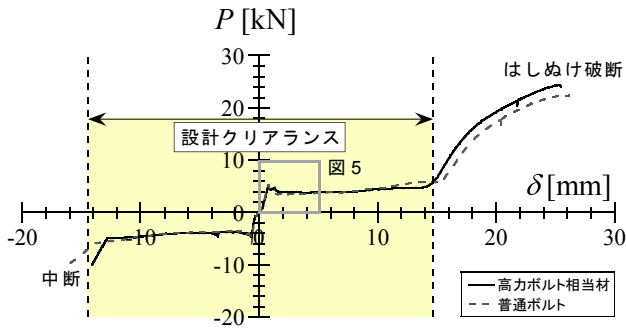


図4 荷重変形関係の一例

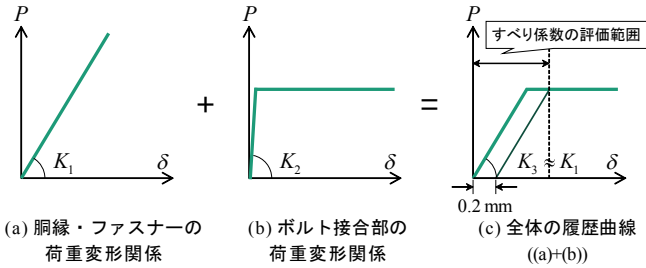


図6 すべり係数の評価範囲

2.4 計測計画

実験に先立ち、試験体の表面粗さの測定を行った。表面粗さは、触針式粗さ測定器を用いて測定し、最大高さ粗さ R_z を代表値として得る。実験中は、試験機に組み込まれたロードセルにより軸方向力 P を計測するとともに、ピン治具直下の計測点（図2中の計測用ねじ棒）の鉛直変位を、固定治具上面からの相対変位として表裏2点について計測し、それらの平均値をファスナーと胴縁の相対変形 δ とする。また、載荷開始時のボルトの初期導入張力 N_0 はワッシャー型ロードセルにより計測し、全ての試験体において20kNに調整する。これは、強度区分4.8の普通ボルトM12の弾性域での締付を想定し、降伏耐力の7割として定めている。

すべり係数 μ は、実験によって得られたすべり荷重 P_s を用いて次式により算出する。

$$\mu = \frac{P_s}{m \cdot N_0} \quad (1)$$

ここで、ファスナーと胴縁の相対変形 δ にファスナーと胴縁の変形が含まれることを考慮する。すなわち、図6に示すように、全体の履歴曲線(c)の初期剛性がファスナーと胴縁(a)の剛性によるものであると仮定し、初期剛性の0.2mmオフセット直線と履歴曲線が交差する点までをすべり係数の評価範囲とする。以下では上記のことを考慮したうえでファスナーと胴縁の相対変形 δ をすべり量と呼ぶ。また、試験体は1面摩擦であるため、 m は1である。

*1 菊川工業

*2 東京工業大学大学院 修士課程

*3 東京工業大学大学院 准教授・博士(工学)

*4 東京工業大学大学院 助教・博士(工学)

*5 ロブテックスファスニングシステム

*6 東京大学大学院 教授・博士(工学)

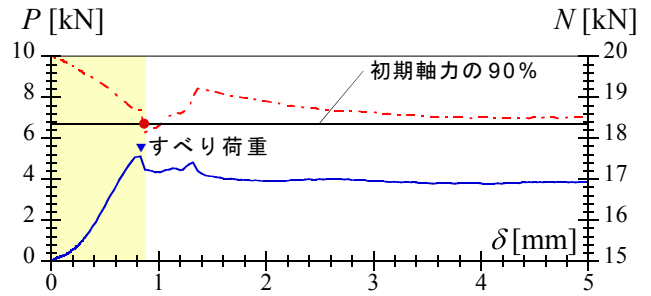


図5 軸方向力とボルト張力の変動

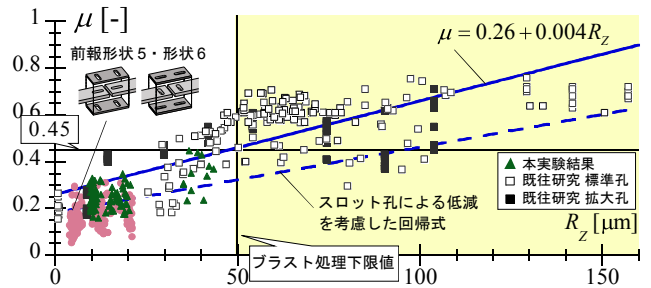


図7 表面粗さとすべり係数の関係

3. 実験結果

3.1 荷重変形関係

荷重変形関係を、表面処理が電気亜鉛めっきの場合を例に図4に示す。図の縦軸は軸方向力 P であり、横軸はすべり量 δ を示す。実線は高力ボルト相当材を、破線は普通ボルトを使用した場合である。両者の結果を比較すると、締結部材によるすべり耐力および最大耐力の影響は小さいことが分かる。また、すべり荷重の評価点前後の荷重変形関係と、試験部分のボルトの軸力 N を重ねて図5に示す。ボルトの軸力 N はすべりが生じる時点で初期導入張力から1割程度減少していることが分かる。

3.2 すべり係数と表面粗さの関係

実験により得られたすべり係数と表面粗さの関係を、前報と同様の表現により図7に示す。図の縦軸はすべり係数、横軸は最大高さ粗さ R_z である。前報の結果と比較すると、実部材を模した本実験結果のほうがばらつきが小さい。前報の実験結果と比較すると、最大高さ粗さが大きいためすべり係数が増加していることが分かる。特に溶融亜鉛めっきのリソ酸塩刷毛塗り処理を施したもののについては最大高さ粗さが2倍以上であり、既往の回帰式に沿ってすべり係数が大きいものでは0.45近くまで増加しており、偏心や一面せん断としたことによる影響はほとんどみられなかった。

4. まとめ

本報(その3)では、外壁取付部を模した部分接合部の載荷実験について報告した。

KIKUKAWA KOGYO Co., Ltd.

Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

Associate Professor, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Assistant Professor, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Lobtex Fastening System. Co., Ltd.

Professor, The University of Tokyo, Dr. Eng.