

金属工事におけるボルト接合部に関する実験

その1 実験概要

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

1. はじめに

地震後における建築物の継続使用を実現する上では非構造部材に対する耐震性能の向上が必要である。非構造部材を扱う工事の一つである金属工事に於けるボルト接合部では、施工誤差を吸収するためにスロット孔の使用が必須である。また、金属部材表面には防食性や防錆性を確保するための表面処理を施すのが通例である。さらに、ボルトの締め付け時にはトルク管理の省略や普通ボルトの代替が望まれている。しかし、主要構造部材とは異なり、金属部材と躯体のボルト接合部に対しては明確な設計規定が設けられておらず、その力学性能は不明確な点が多いのが現状である。

そこで本検討では、金属工事に特有なボルト孔形状や表面処理を実験変数としたボルト接合部のすべり係数評価試験を実施し、すべり耐力を代表とする力学挙動について検討する。本報(その1)では、すべり係数評価試験の実験概要について報告する。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体の概要を、セットアップを兼ねて図1に示す。また、標準試験体を図2に示す。試験体は、金属工事への採用を想定したボルト接合部である。ボルト接合部は、母材と2枚の添板、および両者を締め付けるボルトによって構成される。母材の板厚は12mm、添板の板厚は6mmであり、幅は共通して65mmとしている。これらの寸法は、鋼構造接合部設計指針<sup>2)</sup>におけるすべり係数評価試験の標準試験体を参考に決定した。母材および添板の材質は、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、金属工事に用いられる(i) 溶融亜鉛めっき(HDZ)、(ii) 溶融亜鉛めっきの

ン酸塩処理(HDZP)、(iii) 電気亜鉛めっきの有色クロメート処理(EP)、(iv) 電気亜鉛めっきの有色クロメート処理と一液変性エポキシ樹脂錆止めペイント(EPJP)、(v) ステンレスの梨地(SUS)の5種類とする。また、使用するボルトは溶融亜鉛めっき高力ボルト(M12(F8T))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、ボルト孔形状とボルトの導入張力とする。ボルト孔形状による試験体区分を図3に示す。まず、図2に示す形状1は、すべり係数評価試験における標準試験体と同形状であり、全ての表面処理において用意し、すべり係数の基準値の算出に用いる。これに対して、金属工事に用いるボルト

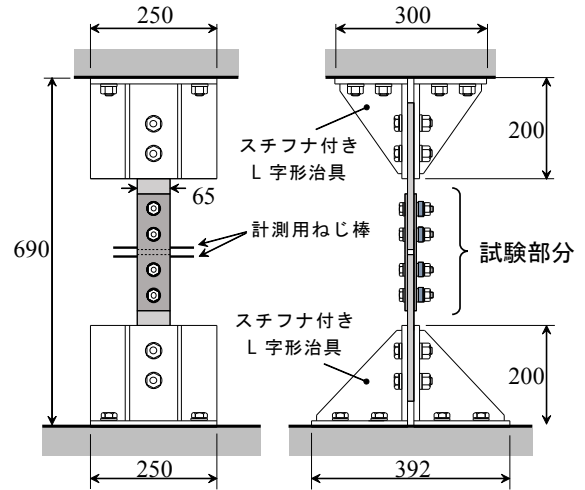


図1 セットアップ

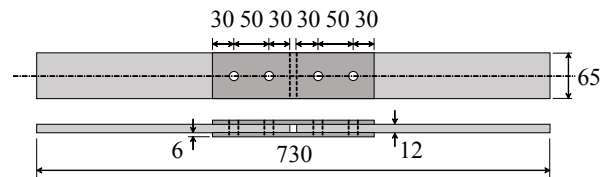


図2 試験体寸法 (標準試験体, 形状1)

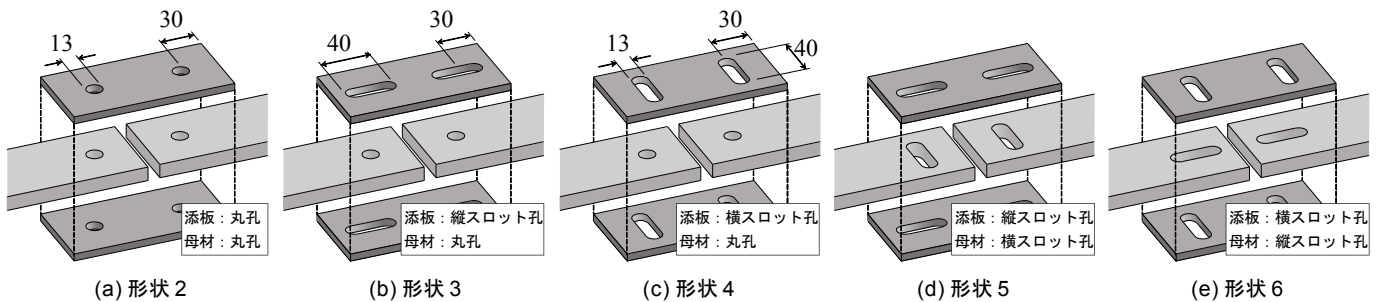


図3 ボルト孔形状

接合部は、応力方向のボルト本数を1本とすることが多く、かつ応力方向および応力直交方向にスロット孔を設ける。ここで、応力方向と平行にスロット孔長径を設けたものを縦スロット孔、応力方向と垂直にスロット孔長径を設けたものを横スロット孔と呼ぶ。スロット孔の長径は鋼構造接合部設計指針<sup>2)</sup>において示されている $2.5d$  ( $d$ はボルト径)よりさらに大きく、躯体の施工誤差を吸収できる $\pm 15\text{mm}$  ( $3d$ )程度となっている。

これらの影響を検証するため、形状2(図3(a))ではまず応力方向のボルト本数を1本とし、形状3(図3(b))および形状4(図3(c))では添板のボルト孔をスロット孔とする。これらを標準試験体と比較することにより、応力方向のボルト本数の影響、およびスロット孔の基本的な影響について確認する。最後に金属工事におけるボルト接合部を想定したボルト孔形状として、添板と母材の両方に直交するスロット孔を設けた形状5(図3(d))と形状6(図3(e))を用意する。载荷を行った試験体を表1に示す。表は縦にボルト孔形状の種類を、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、ボルトの導入張力を $10\text{kN} \sim 50\text{kN}$ まで $10\text{kN}$ ずつ変化させて実験を行った。これは、金属工事におけるボルト接合部ではトルク管理がほとんど行われていないことを勘案したものであり、高力ボルト(M12(F8T))の標準ボルト張力 $50.4\text{kN}$ を上限として幅広く設定し、ボルトの導入張力の違いによる影響を確認する。

### 2.3 セットアップ

試験体は、図1に示したように上下それぞれをスチフナ付きL字形治具によって試験機に挟み込むことで固定する。スチフナ付きL字形治具と試験体は、試験体より高強度かつ太径の高力ボルト(M16(F10T))による摩擦接合とし、試験部分より先にすべりが生じることのないように設計している。また、上下の治具はそれぞれ高力ボルト(M20(F10T))により試験機に引張接合する。

実験は、まず2枚の母材をそれぞれスチフナ付きL字形治具に接合し、試験機に固定した後に実験対象であるボルト接合部の締め付けを行った。実験は単調引張载荷とし、ボルト接合部がすべり出し、最大耐力後の耐力低下が確認できるまで行った。载荷速度はすべり量 $0.2\text{mm}$ までは $0.1\text{mm}/\text{min}$ とし、それ以降は $2.0\text{mm}/\text{min}$ とする。

### 2.4 計測計画

実験に先立ち、まず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。測定は、1試験体当

表1 実験パラメータ

| 形状番号 | 表面処理 |      |    |      |     |
|------|------|------|----|------|-----|
|      | HDZ  | HDZP | EP | EPJP | SUS |
| 1    | ○    | ○    | ○  | ○    | ○   |
| 2    | ○    | —    | —  | —    | —   |
| 3    | ○    | —    | —  | —    | —   |
| 4    | ○    | —    | —  | —    | —   |
| 5    | ○    | ○    | ○  | ○    | ○   |
| 6    | ○    | ○    | ○  | ○    | ○   |

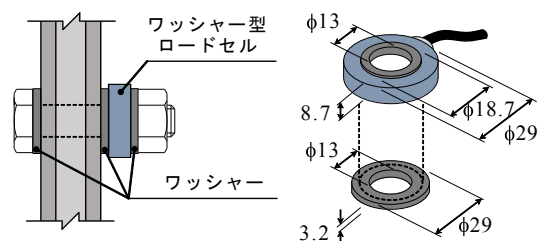


図4 導入張力の計測方法

たり母材と添板の3箇所計12箇所について行った。

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、また母材と添板の相対変位を上下および表裏の平均値から上下それぞれのすべり量 $\delta$ を得ている。これらに加え、母材と添板を接合する段階から、ボルトの導入張力 $N$ をワッシャー形ロードセルにより計測する。ワッシャー形ロードセルの詳細を図4に示す。ワッシャー形ロードセルは、ナットと添板とは直接接触しないように上下にワッシャーを介した上で挿入する。

すべり係数 $\mu$ 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。

$$\mu = \frac{P_s}{m(N_{01} + N_{02})} \quad (1)$$

ここですべり荷重 $P_s$ は鋼構造接合部設計指針に倣い、すべり量が $0.2\text{mm}$ に達するまでに明瞭な主すべりなどによって最大の荷重が得られた場合はその荷重とし、明瞭な主すべりが生じなかった場合はすべり量 $0.2\text{mm}$ に対応する荷重としている。また、 $N_{01}$ 、 $N_{02}$ はワッシャー形ロードセルにより計測した载荷開始時の導入張力である。 $m$ は摩擦面の数であり、本実験では2である。

### 3. まとめ

本報では、金属工事におけるボルト接合部を想定したすべり係数評価試験の実験計画について報告した。次報(その2)では、実験結果について報告する。

#### 謝辞

本研究は、日本金属工業協同組合における実験・実用化試験事業の一貫として実施した研究の成果です。ここに記して関係各位に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS13 金属工事，1998.11.
- 2) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針，2012.3

\*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)

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.