

図 - 5 試験体形状



図 - 6 試験後接合面

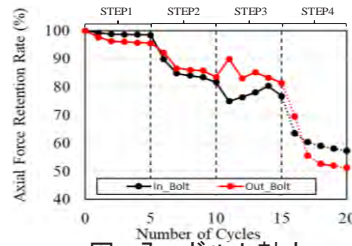


図 - 7 ボルト軸力

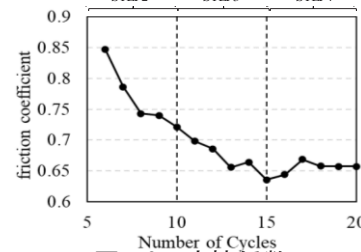


図 - 9 摩擦係数

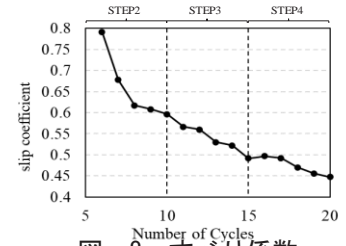


図 - 8 すべり係数

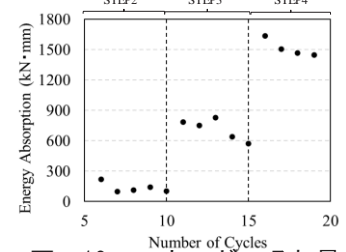


図 - 10 エネルギー吸収量

たが、これはボルト孔を広げながらの荷重に起因すると考えられる。なお、すべり係数の算出に用いるすべり荷重は、図-5の赤丸で示す引張側変位急増時の荷重とし、各サイクルで抽出した値を用いて算出した。

### 3.2 ボルト軸力残存率の推移

図-7にサイクル数と軸力残存率の関係を示す。軸力残存率は、各サイクルにおける引張荷重終了時の軸力を、荷重前の初期ボルト軸力で除することで算出した。ただし、STEP4の軸力は、接合部が支圧状態へ移行しているため、参考値として扱う。

すべりが生じる前のSTEP1にて繰返しによりボルト軸力が低下し、外側ボルト軸力は4.5%減少した。微小な繰返しによる弾性変形によって特に外側ボルト付近の接合面が平滑化され密着性が向上したことが主要因であると考えられる。

### 3.3 すべり係数・摩擦係数の推移

すべり係数と摩擦係数の推移を図-8, 9にそれぞれ示す。各サイクルにおける引張荷重終了時のすべり係数 $\mu_s$ および摩擦係数 $\mu_f$ は、式(1)を用いて算出した。

$$\mu_s, \mu_f = \frac{P_s}{m \times n \times N_i} \quad (1)$$

ここに、 $P_s$ : すべり荷重 (kN),  $m$ : 接合面の数 (=2),  $n$ : ボルト本数 (=2),  $N_1$ : 試験前のボルト軸力平均値 (kN),  $N_2$ : すべり時のボルト軸力平均値 (kN) である。

すべり係数は1度繰返すことで14.4%、2度目で7.6%と大きく減少し、その後の繰返しでは平均1.8%ずつ緩やかに減少した。摩擦係数も同様に1, 2度の繰返しでは7.2%, 5.1%と大きく減少するが、その後は平均1.8%ずつ減少しSTEP4以降、約0.65に収束傾向にある。繰返しにより接合面の錆が均一に平滑化し摩擦係数は収束するが、すべり係数はボルト軸力の低下により減少が続いた

と考えられる。

### 3.4 エネルギー吸収

図-10にサイクル数とエネルギー吸収量の関係を示す。縦軸は、履歴曲線を台形積分して得られる吸収エネルギー量である。支圧へと移行するにつれてエネルギー吸収量が増加し、繰返し荷重を行っても大きなばらつきは見られなかった。しかし、STEP2~3とSTEP3~4を比較すると変位1mmあたりの吸収量の値は約250kN・mmと同程度であった。これは支圧による吸収量増加とすべり荷重の低下に伴う減少量が同じであったためと考えられ、さらに変位を増やすと吸収量は増加すると予測される。

### 4. 結論

本研究では、高力ボルト摩擦接合部の繰返し荷重下における挙動とエネルギー吸収性能について実験的に検討した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 履歴曲線は、繰返しにより接合面の赤錆が摩耗・剥離するものの、安定したバイリニア挙動を示した。
- 2) すべり以前にも繰返しによる接合面の平滑化と密着性の向上で軸力の低下が確認され外側ボルトは4.5%減少した。
- 3) すべり係数は初期の繰返しで大きく低下し、その後もボルト軸力減少により緩やかに減少を続けた。一方、摩擦係数は繰返しにより約0.65に収束し、赤錆による接合面の平滑化が影響したと考えられる。
- 4) すべり後、支圧への移行によりエネルギー吸収量が増加した。また、支圧移行の繰返し荷重下においても大きな変動は見られなかった。

<参考文献>

- 1) 石原靖弘, 小林剛, 皆田理, 西村宜男: 地震被害を受けた高力ボルト摩擦接合継手の特性調査と繰返しすべり実験, 土木学会論文集, No.745 1-65, pp.53-64, 2003.10
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編II 鋼橋編, 2017.