

水中構造物における高力ボルトの軸力低下に関する実験的研究

日立造船(株)(研究当時大阪市立大学大学院)正会員 〇孫 宏赫 大阪市立大学大学院 正会員 長崎 英二  
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司 日立造船(株) 正会員 仲保 京一  
 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

1. はじめに

高力ボルト摩擦接合を水中構造物に適用する場合、①水の浸透によるすべり係数の変化、②高力ボルトおよび母材と連結板の接合面の腐食等が問題点として挙げられる。著者らはこれまでにボルト締結後24時間水圧を作用させた供試体に対して引張載荷実験を行い、摩擦接合面に水が浸透した場合(以下、水浸透という)においても所定のすべり係数を確保できることを確認した<sup>1)</sup>。また、水圧作用時間を28日間へ延長させた実験においても所定のすべり係数を確保できることを確認しているが、28日経過後のボルト軸力の低下(水圧作用のなしの場合4.3%、水圧作用有の場合10.6%)に伴い、すべり耐力も低下する傾向が見られた<sup>2)3)</sup>。本研究では、水圧作用下におけるボルト軸力低下のメカニズムの解明を目的としてボルト軸力計測実験を行った。

2. 実験内容

水圧作用後の供試体の接合面を解放すると、ボルト周りの接合面に水が浸透し、その表面は赤錆状態から黒錆状態に変化していた<sup>1)</sup>。本研究では母材と連結板の接合面の腐食に着目し、供試体接合面の表面は赤錆肌とし、水槽に供試体を7日間にわたり浸透させ①ボルト軸力の計測、②接合面の表面状態の観察、③錆厚さの測定、④酸素濃度の測定などを行い、ボルト軸力低下のメカニズムを解明する。また、比較材としてブラスト肌を追加し、ドライ状態(水圧作用なし)で軸力計測を行った。実験ケースのまとめを表-1に示す。供試体形状を図-1に示す。供試体の材質はSM570で、高力ボルトはF10T-M22、標準ボルト軸力(設計軸力の10%増し)である226kNで締付けた。ボルト軸力の計測は、接合面に水を浸透させるため、軸平行部ではなくボルト頭部に歪ゲージを貼り付けて行った。写真-1にボルト軸力の計測状況を示す。写真-2にそれぞれの実験ケースの表面肌状態を示す。また、供試体表面状態の変化を観察するために、ケース5:観察用供試体を追加した。マルチ水質チャッカ-溶存酸素計を使用し、水槽の酸

素濃度を測定した。写真-3に酸素濃度の計測の様子を示す。図-2に錆厚さの計測位置を示す。図に示すように、接合面のボルト孔の周りの8点を計測した。ボルト軸力、酸素濃度と錆厚さなどの計測間隔最初は3時間毎、その後は12時間毎とする。

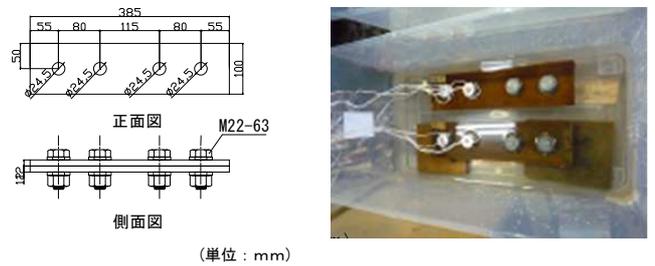


図-1 供試体の形状 写真-1 ボルト軸力計測状況

表-1 実験ケース

ケース名	供試体表面状態	実験環境条件	実験内容	計測時間	供試体数
1	ブラスト	ドライ	軸力計測	7日	1体
2	赤錆	ドライ	軸力計測	7日	1体
3	赤錆	水中	軸力計測	7日	1体
4	黒錆	水中	軸力計測	7日	1体
5	赤錆	水中	表面観察	7日	1体



(a) ブラスト (b) 赤錆 (c) 黒錆

写真-2 供試体の表面肌状態(実験開始時)



写真-3 酸素濃度の計測

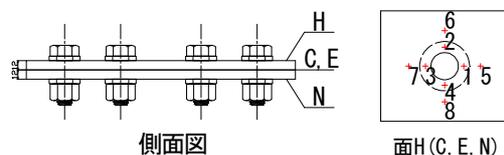


図-2 錆厚さの計測位置

キーワード 高力ボルト摩擦接合, 水中環境

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野 TEL&FAX 06-6605-2765

### 3. 実験結果

#### (1) ボルト軸力の低下

図-3 に供試体のそれぞれのボルト軸力低下率を示す。ボルト軸力の低下は、ドライ状態と水浸透した状態を比較すると水浸透した供試体のボルト軸力低下率がドライ状態に比べわずかであるが大きくなる傾向が確認できた。これは著者らが今まで実験したデータと同じ傾向である。なお、軸力低下率が少ないのは、供試体を再利用しており、錆のクリープが小さくなっているためと考えられる。

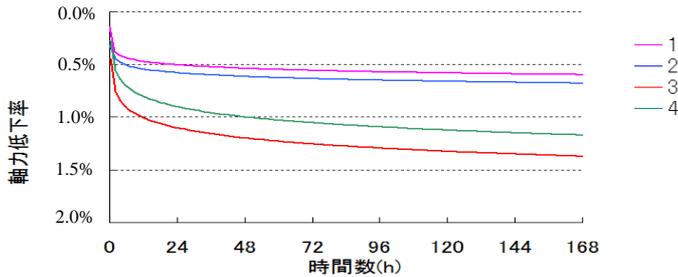


図-3 軸力低下率

#### (2) 表面観察結果

写真-4 に供試体の表面観察結果を示す。観察の結果は水中浸漬 24 時間が赤錆肌であったが、時間の経過とともに黒錆肌へ変化し、168 時間経過後は写真に示すように黒錆肌となった。



(a) 0 時間 (b) 24 時間 (c) 48 時間 (d) 168 時間

写真-4 供試体の表面観察

#### (3) 錆厚さの変化

図-4 に観察用供試体の表面錆厚さの変化を示す。接合面が赤錆肌から黒錆肌への変化と共に表面錆厚さが数  $\mu\text{m}$  減少していくことが確認できた。48 時間経過後では錆厚さの変化は見られない。

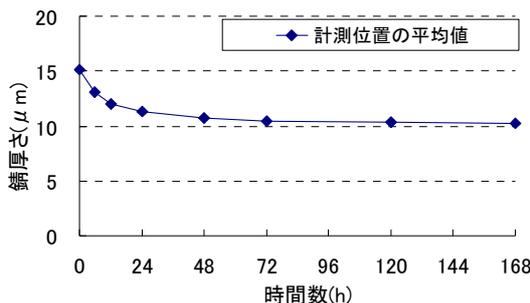


図-4 表面錆厚の変化

#### (4) 酸素濃度

図-5 に水中における酸素濃度の変化を示す。水槽内の酸素濃度の変化は、鉄と水との電気化学反応で 24 時間まで急激に低下して、その後、大きな変化は見られなかった。水槽内の酸素濃度の減少とともに、接合面の赤錆肌が黒錆肌へ変化して行くことが確認できた。

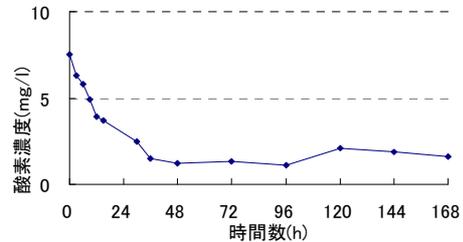


図-5 水中における酸素濃度の変化

### 4. まとめ

本研究では、①ボルト軸力の計測、②接合面の表面状態の観察、③錆厚さの測定、④酸素濃度の測定などを行い水中におけるボルト軸力低下のメカニズムについて検討した。得られた主要な結論を以下に示す。

- ①水中におけるボルト軸力低下はドライ状態に比べると低下率が大きくなる傾向があることが再確認できた。
- ②供試体の表面観察結果から、水浸透時間の経過とともに赤錆状態から黒錆状態へ変化した。
- ③供試体の表面錆厚さは水浸透時間の経過とともに赤錆状態から黒錆状態へ変化し、錆厚さが減少した。
- ④鉄と水との電気化学反応により、接合面の赤錆状態が黒錆状態になるに連れ、酸素濃度が減少した。故に、水圧作用下におけるボルト軸力低下は、母材と連結板の接合面の腐食(赤錆→黒錆)が主に影響していると考えられる。

今後は実環境における水中構造物の適用に向けての実環境下でのすべり実験などが必要と考えられる。

#### 参考文献：

- 1) 仲保京一, 森井俊明, 松下裕明, 山口隆司：高力ボルト摩擦接合継手の水中構造物への適用に関する実験的研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会, I-468
- 2) 仲保京一, 森井俊明, 松下裕明, 山口隆司：高力ボルト摩擦接合継手の水中構造物への適用に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.57A, pp. 831-841, 2011.
- 3) 仲保京一, 山川 善人, 森井俊明, 松下裕明, 孫 宏赫, 山口隆司：水圧作用時間が高力ボルト摩擦接合へ与える影響に関する実験的研究, 土木学会第 66 回年次学術講演会,