

鋼製フィンガージョイントのセットボルトの挙動に関する検証試験

名古屋高速道路公社 正会員 鈴木 信二 正会員 片桐 英喜
 パシフィックコンサルタンツ(株) (旧 (財) 名古屋高速道路協会) 正会員 富 健一
 トピー工業 正会員 山田 聡 正会員 渡辺 直起

1. はじめに

都市内高架橋の鋼製フィンガージョイントにおいて、フェースプレートのセットボルトの緩みが問題となっており、フェースプレートのがたつきによる騒音の発生や、雨水の浸入によるボルトの腐食、さらに疲労が原因と推定されるボルトの破断事例も報告されている。これらの現象を防ぎ、鋼製フィンガージョイントを適切に維持していくためには、ボルトの締め付け時および荷重作用時の挙動を把握することが不可欠である。本試験では、鋼製フィンガージョイントのフェースプレート部分をモデル化した試験体を製作し、軸力導入試験および載荷試験を実施することで、セットボルトに関する基本性状を得ることを目的とする。

2. 試験概要

2. 1 試験体

試験体図を図-1に示す。試験体は、名古屋高速道路公社の標準設計に基づき、最も一般的な鋼製フィンガージョイントに着目し、桁端補強ボックスの1ダイアフラム間隔分(ボルト2本分)とした。フェースプレート先端の載荷位置に近い側のボルトを前列ボルト、他方を後列ボルトとする。

2. 2 ボルト

ボルトは実際にジョイントに用いられるF8Tのメッキボルト(株NS ボルテン製)を使用した。このボルトのナット締めトルク係数は $k=0.12$ である。軸力とトルクの関係は以下の式を用いた。

$$N = \frac{T}{d \times k} \quad (1)$$

ここで、 N : ボルト軸力、 T : トルク、 d : ボルトのねじ外径(=22mm)である。また、ボルトに導入される軸力、および作用応力を計測するため、ボルト内部にひずみゲージを貼り付けた。

2. 3 試験方法

① 軸力導入試験

ボルトの締め付けを、通常の現場施工に準じてナット締めではなく頭締めにより行い、ボルトに導入される軸力と締め付けトルク、および回転角との関係を把握する。本試験では、トルクレンチで1次締め(本試験ではスパナで締め付けた時の平均的な値から $147\text{N}\cdot\text{m}$ とした)をした後、トルクで管理し1次締め位置からの回転角およびその時の軸力を計測した。

② ジョイントモデル試験

フェースプレート先端部に荷重が作用したときの、鋼製フィンガージョイントのセットボルトに導入される軸力と発生する応力との関係を調べる。載荷状況を写真-1に示す。最大荷重(設計荷重 $\times 1.5=147\text{kN}$ とした)まで 10kN ずつ載荷しながら計測を行った。また、ボルトに導入する軸力は図-2に示すように軸力ゼロの全緩みAから耐力点付近Dまでの5レベルとする。

セットボルトの設計は、後列ボルトのみを有効として行っているため¹⁾、前列を全緩みとして、後列ボルトの締め付け軸力ごと(図-2におけるA~D)の作用応力を調べる設計との比較試験、および前列を一定軸力(BまたはC)で締め付け、後列ボルトが緩んだ場合に増し締めする(C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow C, C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D)ことを想定した

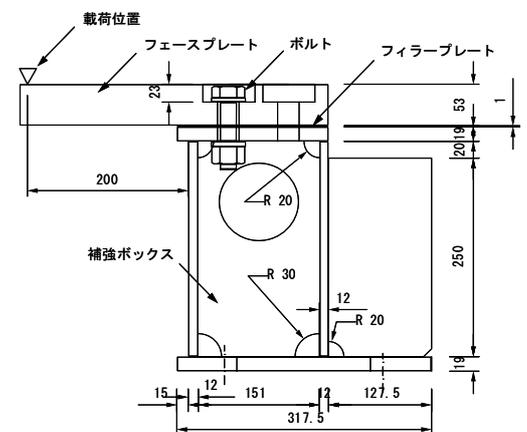


図-1 試験体図 (単位: mm)



写真-1 載荷状況

キーワード: ボルト軸力, トルク係数値, 頭締め, 変動応力

連絡先: 〒441-8510 愛知県豊橋市明海町1番地 技術研究所 TEL: 0532-25-5354

現場の再現試験を行った。

3. 試験結果

3.1 軸力導入試験

試験体 A-B, A-C, A-D, C-CBAD のトルク-ひずみ関係および回転角-ひずみ関係をそれぞれ図-3, 図-4に示す。図中には、先述のトルク換算式を用いて計算したひずみの理論値、および試験体名の表記方法も示す。トルク係数値 k については本試験のボルトの規格値 (0.12) のほか、比較のため、現場施工で一般的に用いられる値 (0.15), および参考値 (0.20) も示す。

図-3より、ボルトを頭締めにより締め付けた場合、ひずみ、つまりボルトに導入される軸力は理論値より小さくなっており、所定の軸力まで締め付けるためには、理論値よりも大きいトルクが必要となることが分かる。これには、頭締めの影響等によりトルク係数値の規格値と締め付け時の値が異なっていることが考えられる。一方、図-4のように、手締め位置から 120° 回転させて設計軸力 (162kN) となる場合を理論値とすると、ボルトに回転を与えることによって理論値より若干大きめの割合でひずみ上昇が見られる。

3.2 ジョイントモデル試験

設計との比較試験の荷重荷重-後列ボルトひずみ関係を図-5に示す。ひずみは、所定の軸力を導入した状態を 0 とした時の変動値である。なお、設計時を想定し、図中にはボルト締結部に作用する外力に対してボルトの軸力変動のみで抵抗した場合のボルトひずみを設計計算値と称して点線で示す。ボルトの導入軸力が大きくなるにつれて、変動するひずみ量は小さくなる。次に、現場の再現試験の結果として試験体 C-CBAC の荷重荷重-後列ボルトひずみ関係を図-6に示す。後列ボルトの軸力を小さくするに依り (C→B→A) ひずみの増加幅は大きくなり、その後後列ボルトを C まで増し締めすることによって、初回荷重時の C とほぼ同様なひずみ変動を示すことから、増し締めにより元の変動幅に戻ることが分かった。また、後列ボルトが C の場合は試験体 A-C と変動幅がほぼ変わらないことから、後列ボルトが設計軸力程度ならば前列ボルトの有無による影響は小さいことも確認された。

4. まとめ

ボルトに導入される軸力の計測より、トルクを頭締めする場合、回転角により管理し (手締め位置から $90^\circ \sim 120^\circ$ で概ね設計軸力以上), $k = 0.2$ 程度相当のトルクを確認することが妥当であると考えられる。またジョイントモデルの荷重試験により、ボルトの締め付けを設計軸力以上にすると後列ボルトの変動応力は設計計算値の 30% 程度 (147kN 荷重時) である。後列ボルトが緩んだ場合は、適切に設計軸力まで増し締めすることにより一時的には元の変動幅に戻ることが分かった。

参考文献

- 1) 名古屋高速道路公社：鋼構造物設計基準・Ⅲ付属構造編，pp341-398，1987.
- 2) 安東孝朗：ねじ締結部疲労強度評価への応力特異場理論の適用，MAE テクニカルレポート 2001 No.10，pp.4-12，2001.

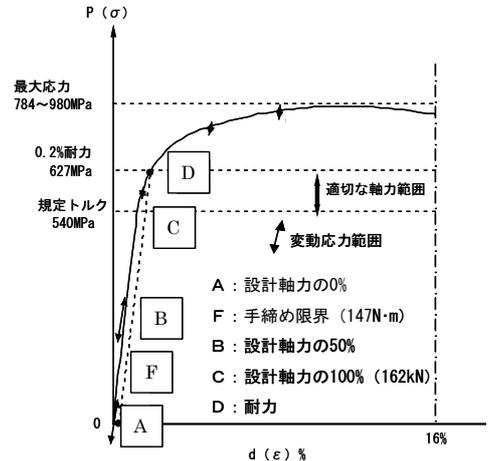


図-2 ボルト導入軸力と変動応力

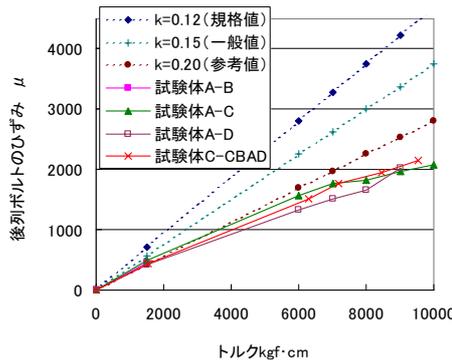


図-3 トルク-ひずみ関係

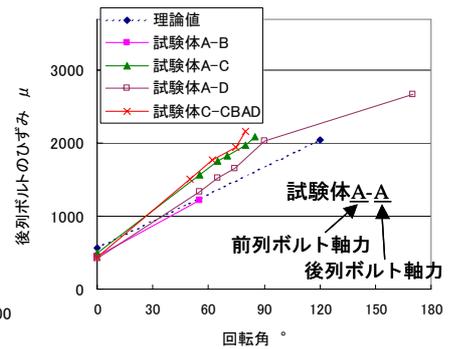


図-4 回転角-ひずみ関係

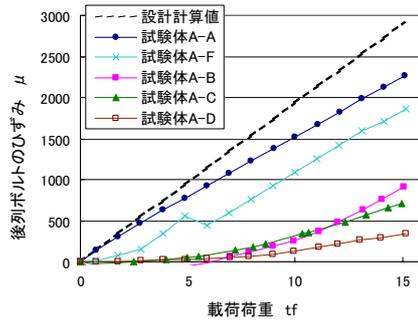


図-5 荷重-ひずみ関係①

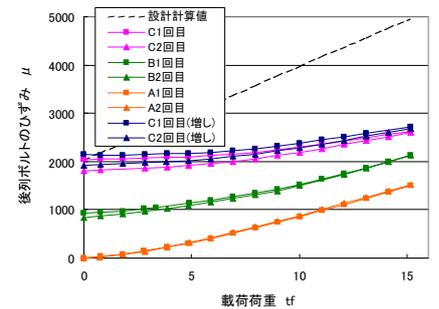


図-6 荷重-ひずみ関係②