

建築用タワークレーンのマストの接合部ボルト応力に関する実験的研究

(独) 労働安全衛生総合研究所 正会員 ○高梨成次, 正会員 大幢勝利, 正会員 高橋弘樹

1. はじめに

建設現場における主要な建設機械のひとつであるタワークレーンで 1995 年の兵庫県南部地震、2002 年に台湾で発生した地震により倒壊したものがある。それらのなかで、タワークレーンの主要部材であるマストとマストの結合部のボルトの破断が確認された¹⁾。これらの事故の原因は、地震の大きさが想定を超過していたことにある。倒壊原因を解明するためには、マストの結合部の耐力を正確に推定する必要がある。しかしながら、図 1 に示すようなフランジプレートを介した引張ボルト接合とされる場合、結合ボルトに発生する荷重を推定することが困難であることが多い。そのため、耐力の推定が困難であると考えられる。そこで本研究では、地震等による水平荷重が作用したときにマスト結合部のボルトに発生する応力を実験によって調べることを目的とした。

2. 試験体および実験概要

試験体概要図を図 2 に示す。試験体は、揚重能力 180t クラスのタワークレーンに用いられるマストの原寸モデルとした。実験では、図 2 に示した試験体を立てて、鉛直方向に加力した。本マストの結合部に用いるボルトは M36、強度区分 10.9 が標準的であるが、試験機の都合により M30、強度区分 8.8 のボルトを用いた。試験体のフランジプレート部を図 3 に示す。図中には○内数字としてボルト番号を示した。これらのボルトの直交する 4 面にひずみゲージを貼付して応力状態を測定した。ひずみゲージの貼付位置はボルトの首下 25mm の部位とした。ボルトのひずみゲージの向きは、図 3 中に示した X-Y 軸に合わせた。また、ひずみゲージのリード線を保護する目的で、座金に幅 5mm、深さ 2mm の溝を設けた。

その他の計測部位は、試験機の荷重と変位、試験体を固定する試験機チャック部の試験体の回転量とした。これらのデータを 10Hz でサンプリングした。また、加力は、変位制御による単調引張とし 10mm/min とした。

3. 実験結果

図 4 に荷重とボルトに貼付した 4 枚のひずみゲージの平均ひずみの関係を示す。荷重 500kN 程度において、ボルト①、ボルト②に剛性の変化が確認されたため、これらのボルトが降伏したものと推測される。その他のボルトのひずみは、ボルト①、ボルト②に比べて、著しく小さいことが分かる。

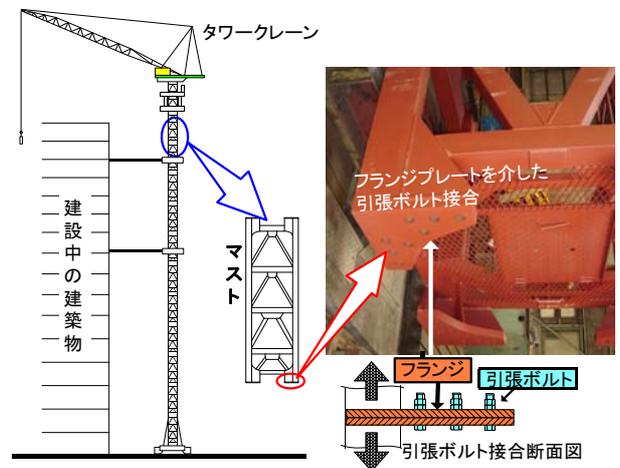


図 1 マストの接合部

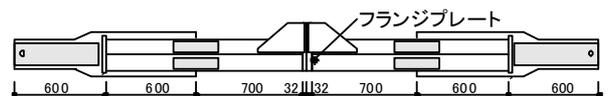


図 2 試験体概要図

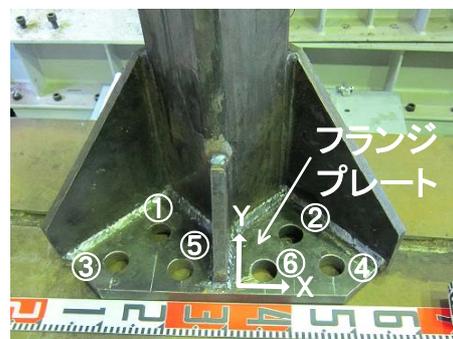


図 3 試験体 (フランジプレート部)

キーワード タワークレーン, 耐震設計, 引張ボルト

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6, TEL:042-491-4512, FAX:042-491-7846

図 5 に、100kN 毎の荷重に対するボルトの平均ひずみの割合を示す。全てのボルトの平均ひずみの合計の 80%をボルト①とボルト②の合算で占めており、ボルト③～ボルト⑥の応力分担割合が著しく小さく、ボルトの応力が不均等であることが分かった。

図 6 に荷重と試験体の固定点での回転角の関係を示す。実機のマストはトラス構造であるのに対して、試験体には水平部材が取り付けられないため、鉛直部材に曲げ変形が発生しやすい。それに伴い図 6 に示したように、試験体の固定点が回転したと考えられる。この鉛直部材の曲げ変形によって、フランジプレート部が回転運動を誘発され、フランジプレート部の曲げモーメントが大きくなり、ボルト応力の不均等性が助長された可能性があるかと推測される。この事象に関しては今後、解析等によって検証する予定である。

写真 1 にボルト①の破壊状況を示す。本破壊形式では、ボルトのねじ山が削げ落ちている。この原因は、ボルトに曲げ変形が生じたことによる他、本実験においては、振動等によるボルトの緩みを危惧する必要がなかったことと簡便性のため、シングルナットにしたことが考えられる。現実的にはダブルナットにすることが一般的である。ダブルナットにし

ておけば、軸力に対してボルトのねじ部が負担するねじ山数が倍になるため、ねじ山が削げ落ちる破壊形式にはならなかったと推測される。ボルト②、ボルト④、ボルト⑤も同様の破壊形式であった。

写真 2 にボルト③の破壊状況を示す。この破壊形式では、ボルトのねじ部が破断した。同様の破壊形式となったのはボルト⑥のみであった。

4. まとめ

建築用タワークレーンのマストをモデル化した加力実験を実施した。マストの接合部は、6本のボルトで結合されるが、その内 2本のボルトで 80%の荷重を負担しており、ボルトの応力が不均等になる可能性が高いことが分かった。

謝辞 本研究の実験を行うにあたり、(株)小川製作所の三浦拓社長、三好氏には有意義なご助言をいただいたことを感謝いたします。

参考文献 高梨成次、安達洋、中西三和：建築用タワークレーンの地震被害に関する研究、日本建築学会技術報告集 第 23 号、pp491-496、2006年6月

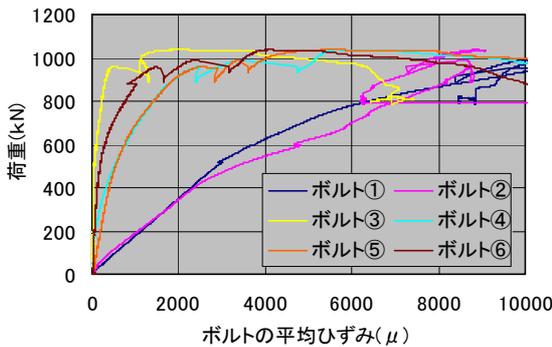


図 4 荷重-ボルトの平均ひずみ関係

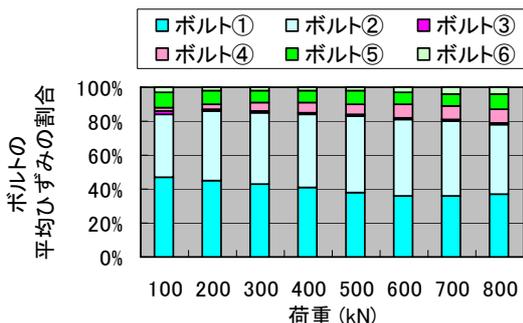


図 5 荷重-ボルトの平均ひずみの割合

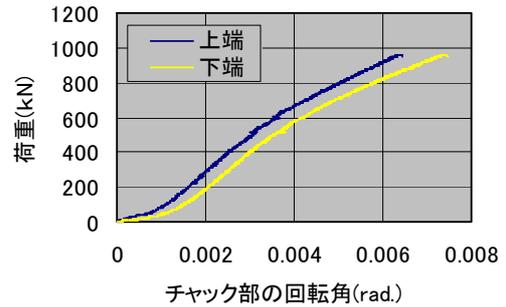


図 6 荷重-チャック部の回転角関係



写真 1 ボルト①の破壊状況



写真 2 ボルト③の破壊状況