

建築用タワークレーンのマスト接合部の強度に関する研究 (その1 縮小模型によるボルトの応力状況)

(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

1995年の兵庫県南部地震および2002年台湾地震によって、多くのタワークレーンが損傷した¹⁾。特に、マストの継手部が損傷したタワークレーンの多くは倒壊したため、重篤な被害となった。マストの継手部の損傷とは、マストとマストの結合部のボルトが破断したことによるものである。ボルトが破断した原因は、地震の大きさが想定地震動を超過したためであるが、マスト結合部の耐力を正確に推定することが困難であることもボルトが破断した一因として考えられる。

筆者らは、マストの一部を取り出した実大試験体を用いた単純引張試験²⁾を実施し、マストを結合する複数のボルトの一部に応力が集中することを示した。このことによって、マスト結合部の強度が不十分であったことが推測される。本報では、マスト全体の縮小模型を用いた実験によって、立体効果を確認するとともにボルトの強度等をパラメータとした実験を実施したので、その結果を報告する。

2. 試験体および実験概要

試験体概要を図1に示す。試験体は、揚重能力120tクラスのタワークレーンに用いられるマストの1/4縮尺とした。試験体は2本のマストで構成されており、それぞれを結合部ユニットにおいて、6本のボルトで結合した。2本のマストで構成された全長3000mmの試験体を水平に設置し、その中央を鉛直下向きに線載荷した。載荷速度は1mm/分とした。結合部ユニットは、取り替え可能とした。実験でのパラメータは、ボルトの強度の他、フランジプレートの厚さとした。

結合ボルトは縮尺に従えばM10が適当であるが、実験の簡便性を優先してM8とした。ボルトを図2に示す。ボルトにはボルトの応力を測定するために、直交する4面にひずみゲージを貼付した。ひずみゲージのリード線を保護する目的で、座金に幅2mm、深さ1mmの

溝を設けた。ボルトの強度区分は4.8、8.8、10.9の3種類とし、ダブルナットで締め付けた。ボルト強度とナットの締付トルクの関係を表1に示す。

フランジプレートの厚さは12mmと19mmの2種類とした。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。

ボルトのひずみ以外の計測部位は、試験機の荷重と変位とした。これらのデータを10Hzでサンプリングした。

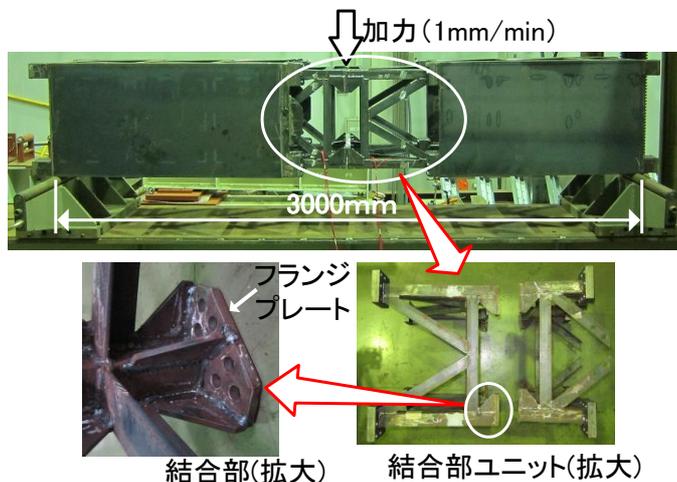


図1 試験体概要図

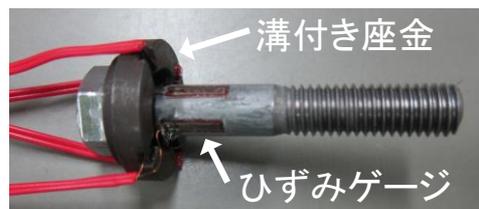


図2 ボルトのひずみゲージ添付状況

表1 ボルト強度と締付トルク

ボルト強度	4.8	8.8	10.9
トルク (N・m)	12.5	22.0	29.5

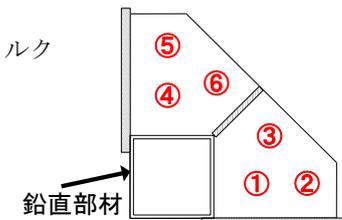


図3 フランジプレートの形状およびボルト番号

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

3. 実験結果

図4に各実験で得られた最大荷重を比較して示す。実験の結果、フランジの厚さと最大荷重には相関が確認されなかった。これに対して、ボルトの強度を大きくすると最大荷重が大きくなることが分かった。

図5に図4で示した最大荷重をボルト強度で除した基準化強度を比較して示す。ボルト強度を大きくすると、基準化強度は小さくなる傾向にある。これは、ボルト強度を大きくすることによってマスト結合部の強度を上昇させることができるが、ボルト強度に比例した強度の上昇は見込めないことを示している。

図6に荷重-ボルトの平均ひずみ関係を示す。紙面の都合により、フランジ厚:12、ボルト強度4.8を代表させたが、他の試験体においても概ね同様の結果が得られた。ボルトの平均ひずみは、ボルトに添付した4枚のひずみゲージの計測値の平均値とした。この値はボルトの軸力に比例すると考えることができる。図6において、各ボルトの応力の比較を容易にするためにナットを締め付けたことによる初期ひずみを無視した。ボルト①④は、箱型断面の鉛直部材に最も近接しているボルトであるが、これら2本のボルトは、荷重が小さい段階から他のボルトよりも大きな荷重を負担していることが分かる。これは文献2で示された結果と同様である。本実験においては、ボルト②の応力も比較的大きくなった。これは、マスト全体を単純梁と考えた時に、曲げモーメントを負担するために、中立軸から最も離れた位置にあるボルト①およびボルト②の軸力が大きくなったことによるものと考えられる。

荷重約64kNにおいてボルト①、ボルト④が破断した。それと同時に他のボルトの平均ひずみが急激に大きくなっていることが分かる。ボルトの作用荷重が不均一になることによって、結合部の設計が困難になるだけでなく非合理的な結合となっていることが分かった。

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。実験のパラメータを、フランジプレートの厚さとボルトの強度とした。実験の結果、マスト結合部の強度に対して、フランジプレートの厚さは殆ど影響をおよぼさなかったが、ボルトの強度が高いほどマ

ストの結合部の強度は高くなった。ただし、マスト結合部の強度はボルトの強度に比例しないことが分かった。

マストの結合部は6本のボルトで締結されたが、その内2本のボルトの応力が卓越し、ボルトの応力が不均等になっていることが分かった。

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

- 1)高梨成次、他2名：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
- 2)高梨成次、大嶋勝利、高橋弘樹：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、土木学会第70回年次学術講演会VI-586

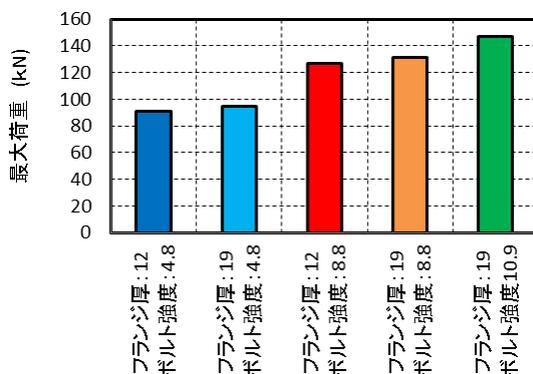


図4 最大荷重の比較

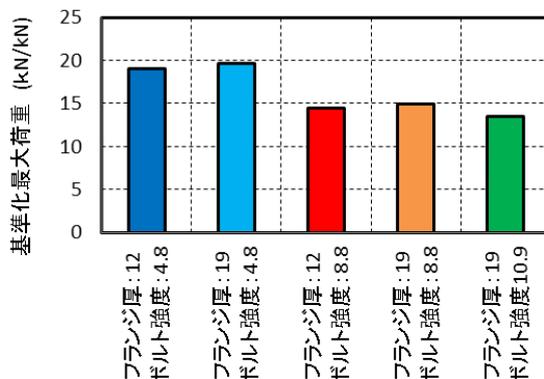


図5 基準化最大荷重の比較

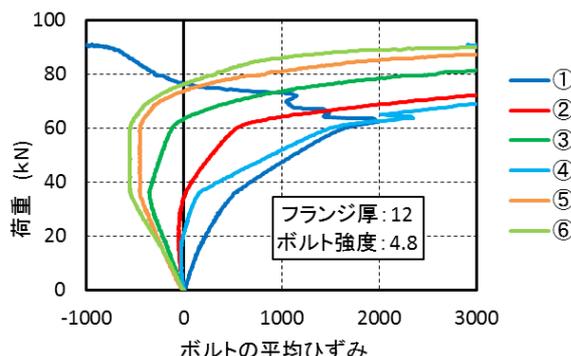


図6 荷重-ボルトの平均ひずみ関係