

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2 マスト結合ボルトの曲げ応力)

(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、重篤な被害となった。マストの継手部の損傷は、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はあるが、マスト結合部の複数のボルトの応力が不均一になり、軸力のみならず曲げ応力が作用したことが、ボルトが破断した一因として考えられる。

筆者らは、縮小モデル試験体を用いた実験によりマスト結合部のフランジプレートの厚さが接合部の耐力に影響を及ぼすことを示した²⁾。本報では、その時のボルトの応力に着目した検討を行った。

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 120mm クラスのタワークレーンに用いられるマストの 1/4 縮尺モデルとした。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、単純支持した。その中央を鉛直下向きに線載荷した。載荷速度は 1 mm/分とした。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、それらが上下左右になるようにボルトを設置した。ボルトの固定は、ダブルナットとした。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。フランジプレートの厚さは 6 mm、12 mm および 24 mm とした。試験体のフランジプレート部を図2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。

3. 実験結果

図3に荷重と加力点での鉛直下向き変位の関係を示す。図3より、フランジプレートが厚い程、最大強度が高くなっていることが分かる。図4に各ボルトの平均軸ひずみと荷重の関係をフランジ厚 12 mm と 24 mm の実験結果を比較して示した。どちらの試験体もボルト①のひずみが最も卓越しており、次いでボルト②と④のひずみが卓越していることが分かる。両実験結果から荷重が 50kN 未満の範囲では両者に顕著な差はないが、それ以上の荷重が作用することにより、最も荷重を負担していることが推測されるボルト①のひずみが、フランジプレート厚 12 mm で 24 mm よりも大きくなっていることが分かる。

図5に、図2に示す X 軸に対するボルトの曲げモーメントと荷重の関係を示す。フランジプレート厚 12 mm で 24 mm よりも著しく大きくなっている。

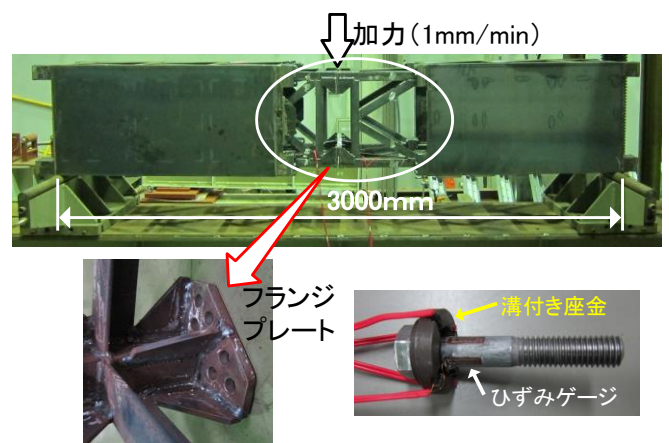


図1 試験体概要図

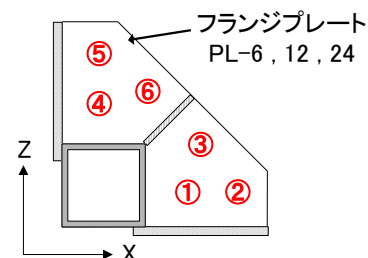


図2 フランジプレートの形状およびボルト番号

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

一般的に、ボルトには曲げモーメントが作用しないものとされているが、タワークレーンの継手ではボルトに曲げモーメントが作用することが分かった。そこで、ボルトに曲げモーメントと軸力が作用した場合の影響を調べるために、ボルトの曲げ引張実験を実施した。実験の状況を図 6 に示す。ボルトと荷重線および反力の支点位置は図 2 を参考にして決めた。図 7 に荷重とボルトの平均ひずみの関係を示す。ボルトに曲げモーメントが作用することによって、最大引張強度が約半分になったことが分かる。図 8 に図 7 で示した荷重-ひずみ関係の履歴面積とひずみの関係を示す。地震応答時の振動エネルギーの消費能力に対応する履歴面積の大きさは、偏心の有無にかかわらず大差がないことが分かった。このことから、ボルトに偏心荷重が作用することは、地震のような繰り返し荷重を考える場合には、必ずしも不利になるとは限らないと考えることができるので、

地震応答解析等のさらなる検討が必要である。

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。実験の結果、マストを結合するボルトに曲げ応力が作用することが分かった。さらに、曲げ応力が大きい程マスト結合部の強度が著しく低下することが分かった。これは、ボルト単体における実験結果からも推定することができる。ただし、弾塑性での振動エネルギーを消費する履歴面積の大きさに関しては、曲げモーメントの影響は限定的であった。そのため、それらを考慮した地震応答解析等によるさらなる検討が必要であることが分かった。

謝辞 本研究を行うにあたり、(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)、土木学会第 71 回年次学術講演会 VI-007

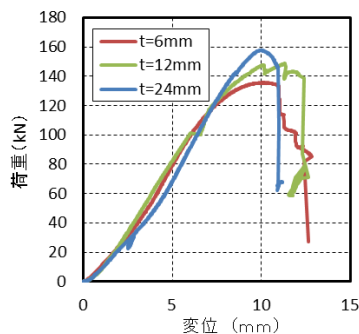


図 3 荷重と鉛直変位の関係

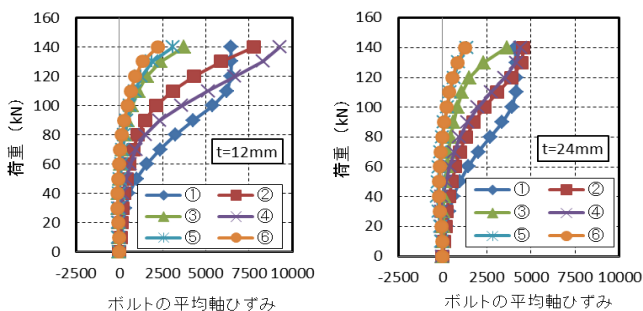


図 4 荷重とボルトの平均軸ひずみの関係

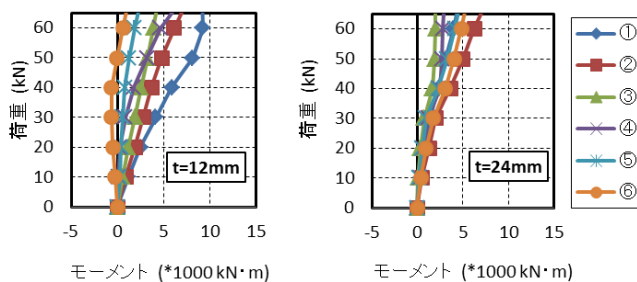


図 5 荷重とボルトの曲げひずみの関係

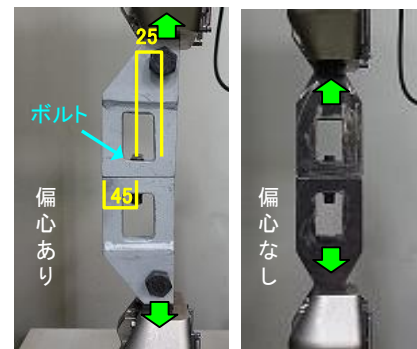


図 6 ボルトの偏心引張実験実施状況

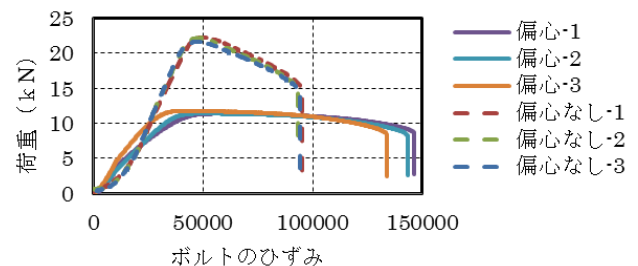


図 7 荷重とボルトの平均軸ひずみの関係

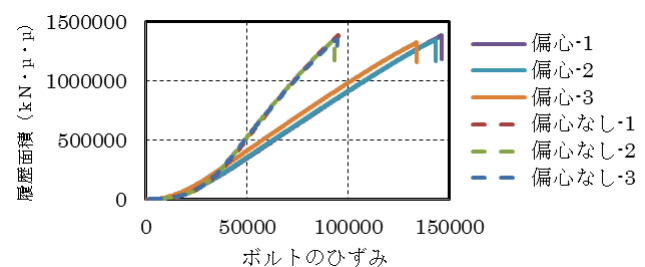


図 8 履歴面積とボルトの曲げひずみの関係