

曲がり部材で構成されたクレーンジブの強度と変形挙動に関する研究

熊本大学○学生員 石澤慶保

国土工営コンサルタンツ(株) 正 員 石原 元

熊本大学 正 員 山尾敏孝

1. まえがき

著者らは、一対の曲がり部材で構成された構造体に軸圧縮力のみを载荷する場合は、中間部分をタイでヒンジ結合するだけで十分な強度が期待でき、部材軸に対して直角方向への変形も抑えることができることを既往の研究で明らかにしてきた^{1), 2)}。また、曲がり部材は圧縮力が卓越する構造形式に有用であり、座屈強度で圧縮強度が決まってくる細長比の大きな領域では特に有用である。そこで、本研究ではこの曲がり部材で構成された構造形式の応用として、図1に示すようなクレーンジブに適用する場合を試みたもので、このクレーンジブが圧縮を受ける場合の強度と変形挙動を解析的に明らかにすることを目的としている。

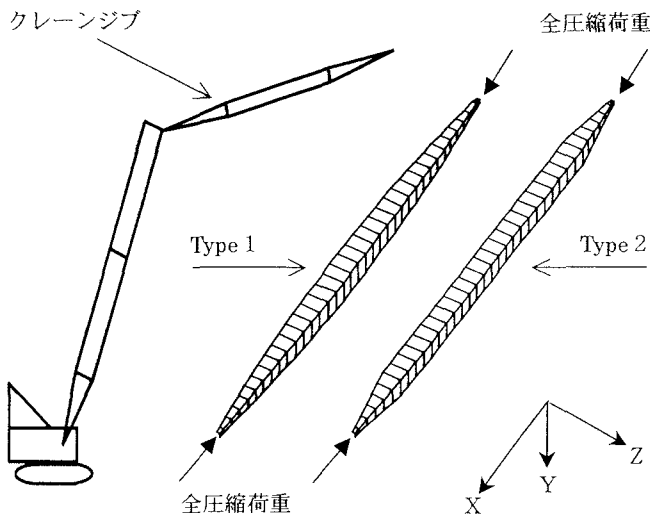


図1 クレーン全体図

図2 解析モデル

2. 解析条件と解析モデル

解析モデルを図2に示す。4本の曲がり部材をタイで結合したものを Type 1 とし、比較のため主部材の中央の大半を直線材としたものを Type 2 とした。境界条件として主部材の両端部をヒンジ端、タイと主部材の結合は立体構造でのねじれ変形を抑えるために剛結合とした。図2には解析に用いた主部材の形状と断面寸法を示す。曲がり部材の形状は放物線とし、主部材1本の曲げ剛性は EI とした。表1に解析モデルの諸元を示す。aは主部材基部間の距離を示している。なお、これらの諸元は既往の研究結果^{1)~3)}と実際のクレーンジブを参考と

表1 解析モデルの諸元

ヤング係数 E (GPa)	206
降伏応力 σ_y (MPa)	314
部材長 L (cm)	3044
アーチライズ比 f/L	0.02
細長比 L/r	1218
主部材の断面積 A (cm ²)	12.23
タイの断面積 A_t (cm ²)	2.59
基部の間隔 a (cm)	22

している。解析には弾塑性骨組解析法を用い、図2に示すような圧縮荷重を増分载荷した。初期不整として、初期たわみ分布をヒンジ端部に最大初期たわみ $L/1000$ をもつ正弦半波で与え、残留応力分布は図4に示すような分布を用いた。なお、タイには初期たわみや残留応力の初期不整はないものとして取り扱った。

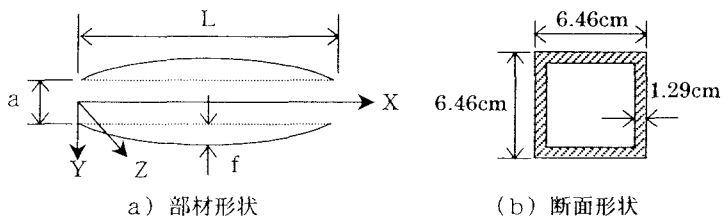


図3 主部材の形状と断面寸法

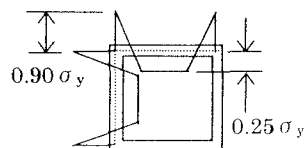


図4 残留応力分布

3. 解析結果と考察

立体構造解析の前に、挙動の違いをみるため平面構造解析を行った。図5は曲がり部材(Type 1)と真直ぐな部材(Type 2)の圧縮荷重-軸直角方向変位曲線である。縦軸に主部材1本あたりにかかる圧縮荷重 P を主部材1本あたりの座屈荷重 P_{cr} で無次元化したものを、横軸にモデル中央部の軸直角方向変位 v をとっている。図より、曲がり部材の方が真直ぐな部材より最大強度が大きくなり、最大強度に達するまでの変位かなり小さくなっている。図6～8は同じモデルで、圧縮荷重として $22P_{cr}$ を作用させたときの主部材及びタイの軸力分布 N 、曲げモーメント分布 M を示したもので、全部材が弾性状態と推定される場合である。縦軸に主部材の位置をとり、横軸に軸力、曲げモーメントを示している。これらの図から、真直ぐな部材においては軸力、曲げモーメントともに主部材間が変化し始めている付近で大きくなっており、早期にこの付近から塑性化が始まったために弱くなったと考えられる。それに対して曲がり部材は、軸力は真直ぐな部材より大きくはなっているが、曲げモーメントとともに部材全長にわたってほぼ一定に分布している。つまり、曲がり部材には軸力、曲げモーメントの集中が生じていないために強くなったと考えることができる。以上のことから、図5に示されたように強度と挙動の違いが表れた結果になったと考えられる。

図9は、曲がり部材(Type 1)と真直ぐな部材(Type 2)の立体構造解析を行った場合の圧縮荷重-軸直角方向変位曲線である。縦軸と横軸のとり方は図5と同様である。図より、平面構造解析と同様に曲がり部材の方が真直ぐな部材より最大強度が大きくなり、変位も小さくなっている。軸力分布及び曲げモーメント分布は、平面構造解析と同様な結果が得られたため図示していないが、やはり主部材間が変化し始めている付近で大きくなっていた。また、ここには図示していないが全体のねじれ変形については、曲がり部材、真直ぐな部材ともほとんど生じていなかった。これは、境界条件の設定でタイと主部材の結合を剛結合としたために全体のねじれが抑えられたと考えられる。

なお、詳細については講演当日に発表予定である。

参考文献

- 1) 山尾敏孝 他：タイで結合した2本の曲がり部材の座屈強度と挙動について，構造工学論文集，Vol.41A，pp.229-234，1995.
- 2) 石原元 他：タイで結合した一対の曲がり部材の圧縮力に対する挙動と一解析法，土木学会論文集，No.647/I-51，pp.143-154，2000.
- 3) 山尾敏孝 他：曲がり部材で構成された鋼製橋脚の強度と変形挙動に関する研究：鋼構造年次論文報告集，第8巻，pp.263-268，2000.11.

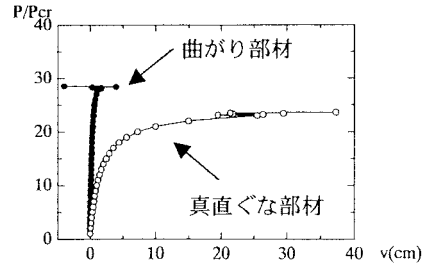


図5 圧縮荷重-軸直角方向変位曲線

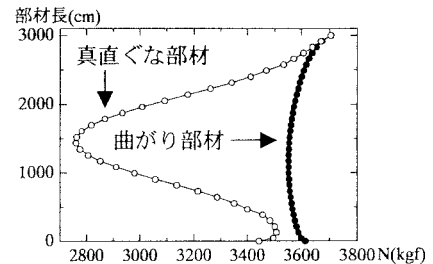


図6 軸力分布 (主部材)

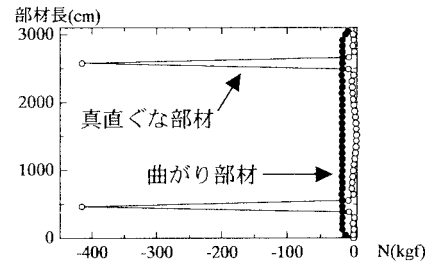


図7 軸力分布 (タイ)

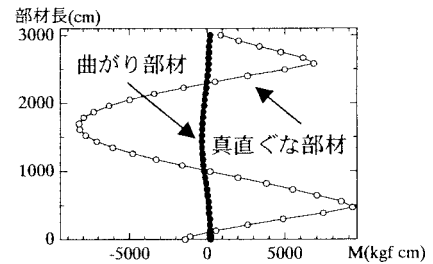


図8 曲げモーメント分布 (主部材)

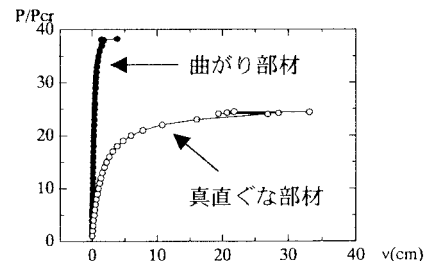


図9 圧縮荷重-軸直角方向変位曲線