

I-491 鋼管フランジ継手の接合部の剛性評価に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生員 山口 隆司 (株)神戸製鋼所 正 員 三田村 武
 京都大学工学部 正 員 渡邊 英一 (株)神戸製鋼所 正 員 葛西俊一郎
 京都大学工学部 正 員 杉浦 邦征

はじめに

現在、鋼管と鋼管を軸方向に連結する場合、道路橋示方書によれば、高力ボルトもしくは溶接による直継手を原則としている、しかし、現場での部材組立時の施工性を考慮すれば高力ボルト鋼管フランジ継手の方が有利である。本研究ではこの継手形式を対象とし、継手部の合理的な設計法確立のために重要な継手部剛性に注目した。鋼管フランジ継手に曲げ荷重が作用した際の応力伝達機構は図1に示すように圧縮力が鋼管断面からフランジプレートを介して鋼管断面に伝達され、引張力は鋼管断面からフランジプレートと高力ボルトを介して鋼管断面に伝達される。このようなことから継手部を圧縮側と引張側に分類し、応力伝達基本モデルを設定し、載荷実験および数値実験を行い、剛性評価を行った。なお、ここで言う継手部剛性は図中のa点における荷重-変位量関係の傾きを継手部剛性として定義している。

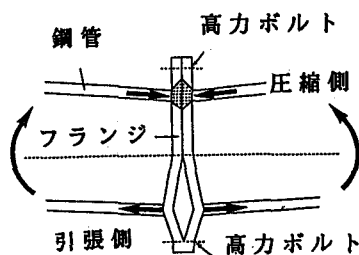


図1 応力伝達機構

圧縮側モデルの剛性評価

図2に示すモデルに対して板厚（ t_f ）と載荷幅（ t_p ）をパラメータとして有限要素解析（軸対称）を行った。パラメータの一覧を表1に示す。このモデルの板厚は鋼管フランジ継手の板厚に、載荷幅は鋼管フランジ継手の鋼管肉厚に対応している。接触／非接触を考慮できる二次元弾塑性有限要素法プログラムを用いて得られた継手部剛性の解析結果を図3に示す。なお、剛性は鋼管の剛性で、板厚は鋼管の肉厚で無次元化した。その結果、無次元化継手部剛性と無次元化板厚の関係がほぼ直線で表されることがわかる。このデータをもとに回帰分析を行い、剛性評価式を次のように決定した。

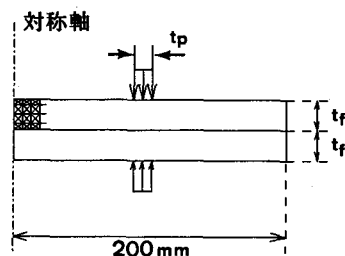


図2 圧縮側簡易モデル

$$\frac{K}{K_p} = 0.490 \left(\frac{t_f}{t_p} \right) + 1.15$$

t_f : フランジ板厚（円板板厚） K : 接合部剛性
 t_p : 鋼管肉厚（載荷幅） K_p : 鋼管剛性

表1 圧縮側簡易モデルパラメーター一覧

ケース	板厚 (mm)	載荷幅 (mm)
AA	22	4.5
BB	16	4.5
CC	10	4.5
DD	6	4.5
EE	22	9.0
FF	16	9.0
GG	10	9.0
HH	6	9.0

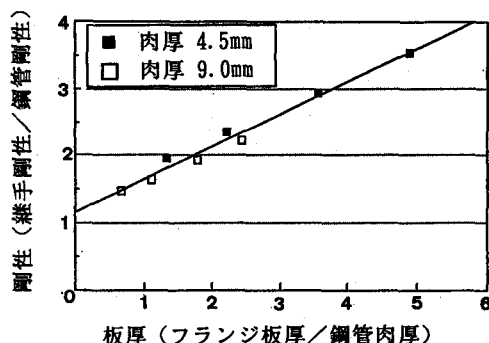


図3 圧縮側接合部剛性

引張側ボルト周辺モデルの剛性評価

図4に示すようなモデルに対してボルト軸心と載荷点の距離（載荷偏心距離：L）、板厚（t）をパラメータとして弾塑性有限要素解析（軸対称）を行った。パラメータの一覧を表2に示す。このモデルの板厚は鋼管フランジ継手のフランジ板厚に、ボルト軸心から載荷点までの距離は鋼管フランジ継手のボルト軸心から鋼管までの距離に対応している。荷重－剛性曲線（ケースB）を図5に示す。その結果、次のようなことがわかった。板厚が薄いものほど剛性は小さくなり、板剛性で継手部剛性が決まる。一方、板厚が厚いものほど、剛性は高くなりボルト剛性で継手部剛性は決まる。荷重増大に伴う剛性低下の様子は図6に示すような3つに分類される。特に、板厚が薄い場合、ボルトプレストレスによる剛性の増大はほとんど見込めない。剛性評価を行うために荷重－剛性曲線をもとに回帰分析を行い、各荷重段階（P）における剛性評価式を次のように決定した。ただし、 $P_0=6.23\text{tonf}$ （ボルトプレストレス）、 $P_u=10.08\text{tonf}$ （ボルト破断強度）である。基準剛性 K_0 は周辺を単純支持された円形板の中央に集中荷重が載荷されたときの荷重とたわみの関係から求めた曲げ剛性である。

$$\frac{K}{K_0} = 2.98 \left(1 - \frac{P}{P_u}\right)^{0.313} \left(\frac{t}{L}\right)^{0.970} \exp\left(-0.504 \left(\frac{P}{P_0}\right)^6\right) \quad (L: \text{半径} \quad t: \text{板厚})$$

表2 ボルト周辺部モデルパラメーター一覧

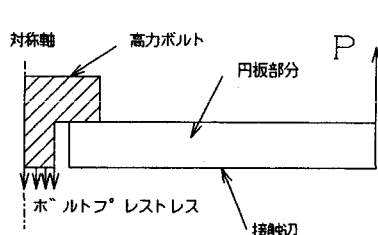


図4 引張側ボルト周辺モデル

ケース	円板半径	円板板厚	ボルトプレストレス
A	52	22	6.23
B	52	19	6.23
C	52	15	6.23
D	52	10	6.23
E	52	5	6.23
F	78	25	6.23
G	78	19	6.23
H	78	15	6.23

ケース	円板半径	円板板厚	ボルトプレストレス
I	78	10	6.23
J	104	25	6.23
K	104	19	6.23
L	26	15	6.23
M	26	10	6.23
N	26	5	6.23

単位 mm, tonf

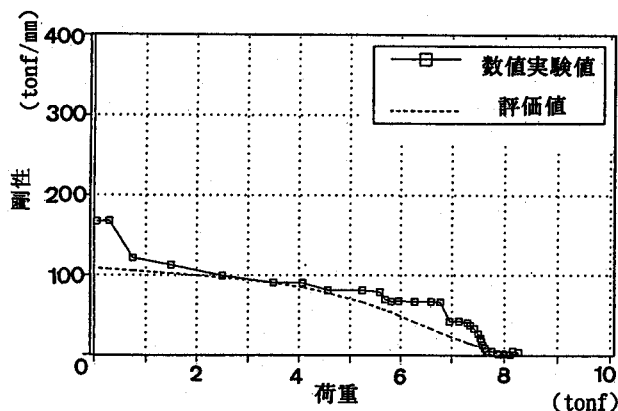


図5 剛性－荷重曲線（ケースB）

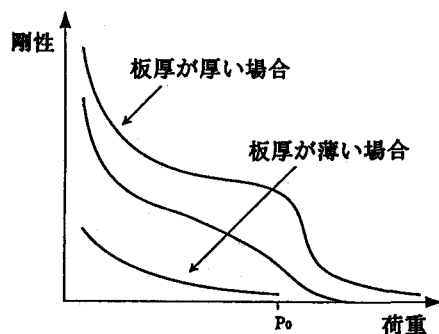


図6 剛性低下モデル

結論

1. 継手部剛性は、ボルトプレストレス、ボルト剛性、板剛性の3つの要素の関係から決まっている。特に継手部剛性においては板剛性が重要である。
2. ボルトプレストレスによる剛性の増大は接合されている板材の板厚に依存しており、板厚が薄い場合、ボルトプレストレスによる剛性の増大はほとんど望めない。
3. 鋼管フランジ継手の圧縮側と引張側の部分簡易モデルに対して剛性評価を行い、剛性評価式を決定した。