

高力ボルトによる異形鋼管フランジ継手の耐力および曲げ剛性の評価 その2
全塑性曲げ耐力および曲げ剛性の評価

フランジ継手 高力ボルト 耐力
曲げ剛性 崩壊機構 有限要素法解析

正会員 ○ 磯田 充樹*1 同 中野 達也*2
同 笠原 康弘*3 同 深澤 協三*4
同 天野 一弥*3

1. 序

その2ではまず、全塑性曲げ耐力の評価式を構築し、FEM解析結果と比較する。次に、フランジ継手を剛接合とみなすことができるフランジの必要板厚を評価する。

2. 全塑性曲げ耐力の評価

2.1 耐力評価式 図1にフランジ継手の全塑性曲げ耐力の評価式を示す。評価式はフランジ継手の崩壊機構を考慮し、降伏線理論を用いて構築する。その1で示した単純引張の崩壊機構を参考に、曲げの崩壊機構を3つ設定する。機構Iは圧縮側の角形鋼管柱直下のフランジだけが降伏するモデルであり、角形鋼管柱による張力とボルト張力だけが作用する。機構IIは角形鋼管柱直下のフランジが降伏するモデルであり、角形鋼管柱による張力とボルト張力、てこ反力が作用している。機構IIIは角形鋼管柱直下のフラ

ンジに加え、ボルト孔間およびボルト孔から角形鋼管柱の角部までが降伏するモデルであり、機構IIと同じ力が作用している。その1の4章の検討結果から、評価式の構築において、角形鋼管柱の圧縮側からフランジ縁部までは降伏線は生じないものとする。また、その1の5章の検討結果から、本研究では評価式の構築において、角形鋼管柱側のフランジ継手が対象となる。

2.2 評価式と解析値の比較 図2にM-R関係を示す。ここで、Rはその1の図4でのモデル1で、+z方向の変位を鋼管長さで除したものであり、1/6接線剛性耐力を全塑性曲げ耐力とする。図3に全塑性曲げ耐力とフランジ板厚の関係を示す。解析値と評価式とはよく対応している。この結果から、異形鋼管フランジの全塑性曲げ耐力は崩壊機構に対応していることが分かる。

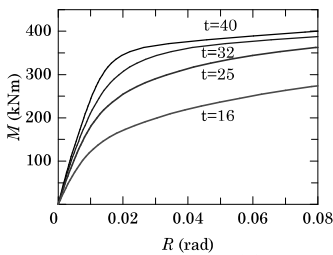


図2 M-R関係

表1 引張・曲げ各数値一覧

フランジ板厚	引張					曲げ							
	計算値 (kN)				解析値 (kN)	崩壊機構	計算値 (kN)				解析値 (kNm)	崩壊機構	剛性 (kNm/rad)
	T ₁	T ₂	T ₃	T _γ			M ₁	M ₂	M ₃	M _p			
16	1480	737	439	439	577	III	316	138	286	138	164	II	89174
25	1480	923	1072	923	1035	II	329	244	699	244	254	II	159487
32	1480	1125	1756	1125	1112	II	343	360	1145	343	308	I	246924
40	1480	1416	2743	1416	1341	II	364	527	1790	364	326	I	354673

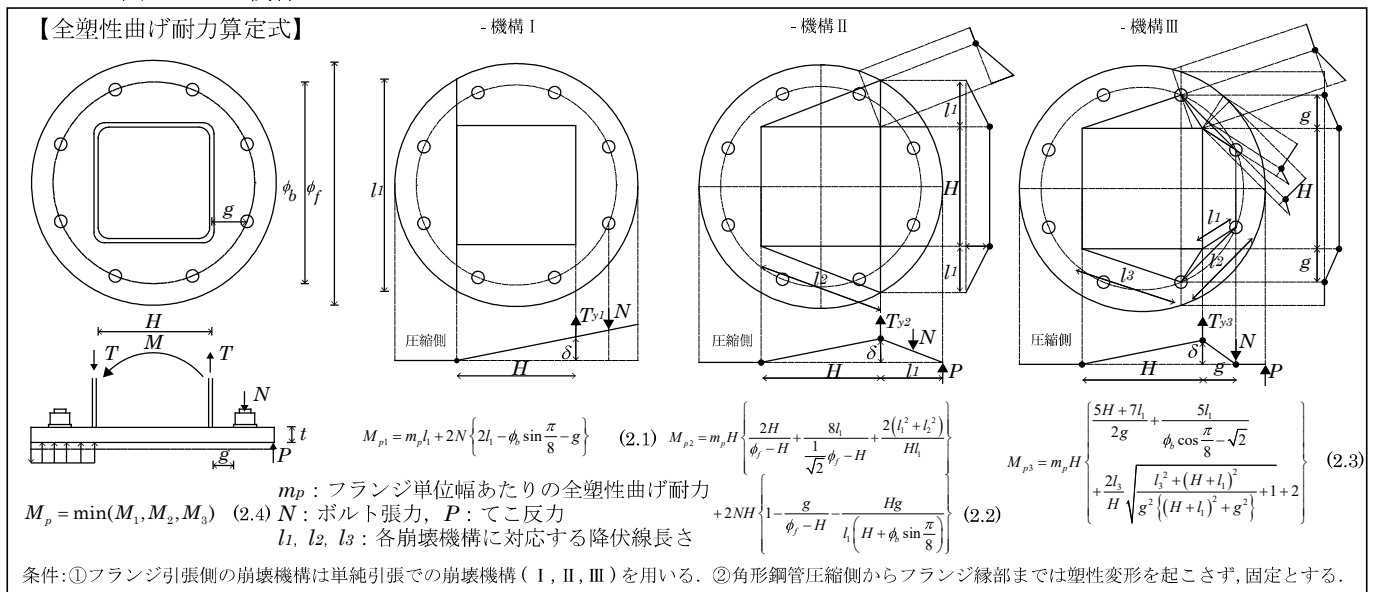


図1 フランジ継手の全塑性曲げ耐力評の価式

Evaluation on the strength and bending stiffness of the flange bolted joint between different shape tubes Part2

Evaluation on the full bending plastic strength and the bending stiffness

ISODA Mitsuki, et al.

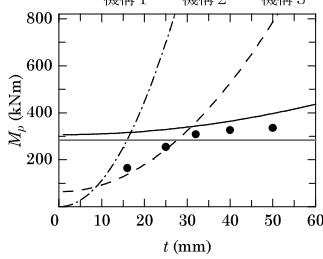


図3 M_p-t 関係

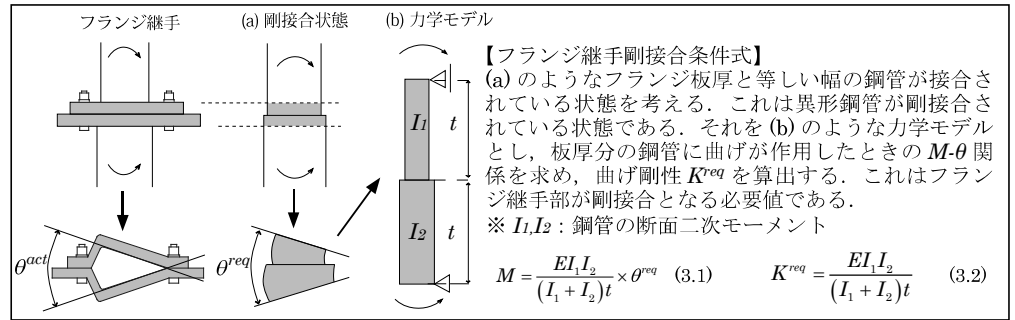


図4 フランジ継手剛接合条件式

その1の5章の引張降伏耐力評価式^{1)~3)}は曲げにも適応可能とされている。表1に、引張・曲げそれぞれの計算値と解析値および崩壊機構と曲げ剛性の一覧を示す。解析値/計算値は1.04~1.19である。同じ異形鋼管フランジ継手であっても崩壊機構が異なるフランジ板厚がある。

3. 曲げ剛性評価

3.1 曲げ剛性と剛接合条件 フランジ継手を剛接合とみなすことができる条件（以下、剛接合条件）を検討する。図4にフランジ継手が剛接合となるために必要な曲げ剛性 K^{req} の評価式（以下、剛接合条件式）を示す。鋼管同士が直接接合され、フランジ継手の板厚に相当する範囲の鋼管が変形する場合を考える。これは、鋼管が剛接合されている状態であり、フランジ継手を剛接合とみなすためには次式を満たせばよい。

$$K_j \geq K^{req} \quad (3.3)$$

ここで、 K_j はフランジ継手の曲げ剛性である。

図5に曲げ剛性とフランジ板厚の関係を示す。図中のプロットはFEM解析から得られた解析値であり、崩壊機構でプロットの色を変えている。図中の曲線は(3.2)式から得られた K^{req} であり、柱口・250×9(BCR295)、杭φ-267.4×9(SN490B)の、一般的な使用を想定した鋼管を対象としたものである。この結果から、フランジ板厚が32mm以上であれば異形鋼管フランジ継手を剛接合とみなせることがわかる。また、剛接合条件式が機構Iと機構IIの間に存在することから、機構Iであれば剛接合とみなせる可能性が示唆されている。

3.2 現行の剛性評価との比較 同形状の鋼管のフランジ継手の場合、次式を満たせば剛性を無限大とできるとされている³⁾。

$$jT_y \geq pT_y \quad (3.4)$$

ここで、 jT_y は継手引張降伏耐力、 pT_y は鋼管引張降伏耐力である。(3.4)式は曲げにも適応可能とされている³⁾。

そこで、3.1と同じ異形鋼管フランジ継手を対象として、(3.4)式との対応を検討した結果を図6に示す。本研究のフランジ板厚の範囲では、(3.4)式を満足する解析値はな

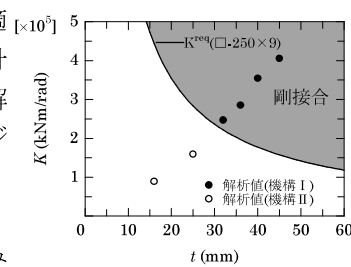


図5 $K-t$ 関係

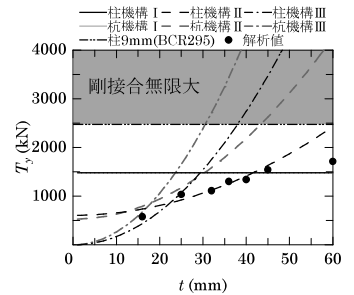


図6 引張の剛性評価法

い。(3.4)式はフランジ板が離れないための条件であり、フランジ継手を剛接合とみなすためには(3.3)式が合理的であるといえる。

4. 結

フランジ継手の全塑性曲げ耐力の評価式を構築し、FEM解析の結果と比較を行った。解析値/計算値は1.04~1.19であり、評価式は解析値によく対応していた。

フランジ継手が剛接合となるために必要なフランジ板厚の評価法を提案し、本研究の寸法の異形鋼管フランジ継手の場合は、フランジ板厚32mm以上で剛接合とみなせることを示した。

参考文献

- 1) 五十嵐定義, 脇山広三, 井上一郎, 松本竹二, 村瀬良秀: 高力ボルト鋼管フランジ継手の極限設計法に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第354号, pp.52-66, 1985.8
- 2) 井上一郎, 吹田啓一郎: 降伏線理論を用いた高力ボルト鋼管フランジ継手の設計, 構造工学論文集 Vol.46B, pp.709-716, 2000.3
- 3) 日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針第3版, 2012.3

* 1 東京工業大学 (元宇都宮大学)

* 2 宇都宮大学

* 3 株式会社 三誠

* 4 日本建設業経営協会 中央技術研究所

* 1 Tokyo Institute of Technology (former Utsunomiya University).

* 2 Utsunomiya Univ.

* 3 SANSEI INC.

* 4 JARGC Central Research Institute for Construction Technology.