

鋼管構造の接合部合理化に関する研究

- 10. 静的繰返し载荷による弾塑性挙動 -

日大生産工 福島暁男 日大生産工 小松 博
日大生産工(院) 市川武良

1.はじめに

大型鋼管トラス構造物において節点をガセットプレート接合とした場合、図-1の偏心接合を用いることは重量軽減や設計の自由度の拡大等に繋がる利点があるが、この手法は接合部に付加曲げモーメントが作用するため接合部の耐力が問題となる。

これらを考慮して、既往の研究¹⁾では疲労強度を検証するため、動的繰返し载荷実験を行った。この結果、疲労強度は内偏心0.5が偏心無しの場合よりも高いことが明らかとなった。

本報告では、静的な正負交番繰返し载荷実験を行い接合部の弾塑性挙動の把握および耐力評価の検討をすると共に、有限要素解析を行い実験との対比によりその妥当性を検証する。

2.実験概要

図-1に試験体形状を、表-1に機械的性質を示す。主管は 139.8×3.5 (STK400) を使用し、ガセットプレートは厚さ9mm、高さ145mmとし、長さは各偏心率で設定している。

図-2に実験装置を示す。主管端部の支持は一方を自由端、他方は治具を介してピン支持、両支管の端部はピン支持とし、主管と支管はガセットプレートを介してピン接合としている。なお、主管と支管の交角()はすべて 45° とした。载荷は、500kN 油圧ジャッキにより主管に一定圧縮軸力 (βN_0) を主管内部の PC 鋼棒を介して载荷した後、300kN サーボパルス式アクチュエータで主管への静的な正負交番繰返し载荷を行った。また、支管への加力は、正载荷時を引張、負载荷時を圧縮とし、コンピューター制御にて支管導入軸力 ($\alpha \beta N_0$)

2) の α を同一荷重で 2 回载荷した後、0.1 ずつ荷重増分させた。なお、 β は主管導入軸力比で主管降伏軸力に対する値であり、0.6 と設定した。 α は支管導入軸力比で主管導入軸力 (βN_0) に対する支管導入軸力の主管管軸方向合力との比である。また、比較のため主管導入軸力を与えず、支管導入軸力だけの载荷実験も行っている。主管の破壊性状ならびに応力状態の把握を行う上で、ガセッ

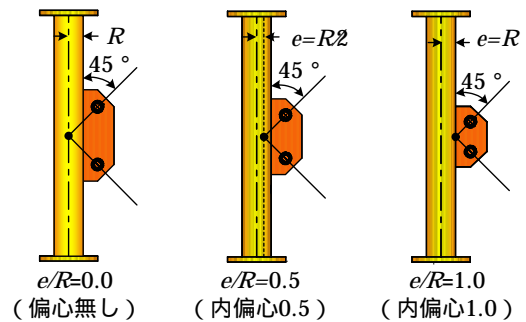


図-1 試験体形状

表-1 機械的性質

主管	降伏応力度 [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	弾性係数 [N/mm ²]
$\phi 139.8 \times 3.5$ (STK400)	356.2	416.0	192046.0

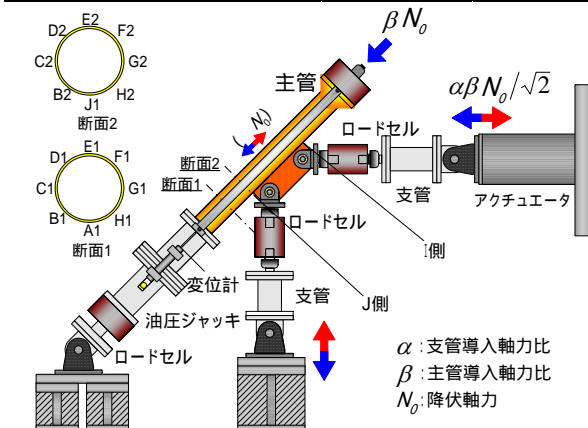


図-2 実験装置

Stress on Effectuality of Connection in Tubular Steel Structures

- 10. Elastic and Plastic Behavior under Cyclic Static Loading -

Takeyoshi ICHIKAWA, Hiroshi KOMATSU and Akio FUKUSHIMA

トプレート端部主管壁に 2 軸ひずみゲージ(I,J)を、主管管周に単軸ひずみゲージ(A1~H1,B2~H2)を貼付して材軸方向垂直ひずみの測定を行った。なお、変位及び荷重の測定位置は図 - 2 に示す通りである。

3.解析概要

有限要素解析は、汎用非線形構造解析プログラム MARC を使用する。解析モデルの形状および境界条件を設定した節点ならびに加力を行う節点は図 - 3 に示す。解析条件は von Mises の降伏条件を使用し、応力 - ひずみ関係は Bi - Linear、ひずみ硬化域の接線係数は弾性係数の 1/100、ポアソン比を 0.3 とした。また降伏応力度、弾性係数は表 - 1 の引張試験の結果を用いている。構成則は、初期の硬化に等方硬化を使用し、塑性ひずみの発生とともに移動硬化となる混合硬化則を用いた。

4.実験結果および解析結果

図 - 4 に $\alpha=0.1$ における主管断面 2 の管軸方向垂直ひずみ分布性状を主管に導入軸力がある場合となない場合について示す。図中、実線は負荷荷時における垂直ひずみで、点線は正載荷時の垂直ひずみである。実験結果、解析結果ともに主管導入軸力の有無にかかわらず偏心無しでは、ガセット

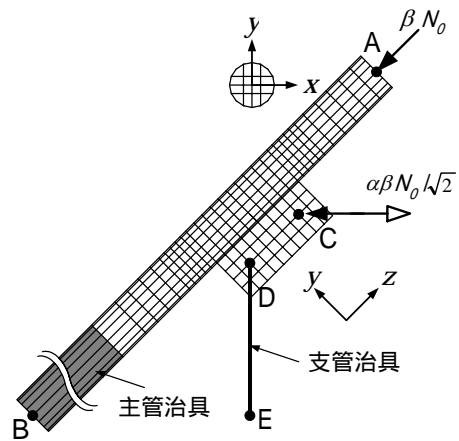


図 - 3 解析モデル形状および要素分割

e/R	主管導入軸力無し		主管導入軸力有り	
	実験結果	有限要素法解析結果	実験結果	有限要素法解析結果
0.0				
0.5				
1.0				

図 - 4 主管断面における管軸方向垂直ひずみ分布の有限要素法解析と実験結果

プレート取り付け側のJ1点において支管導入軸力によりガセットプレートを通じて主管管壁に伝達される曲げ応力により、他の管周上の点に比べ正載荷時と負載荷時の挙動が逆転している。内偏心0.5ではガセットプレート取り付け側と逆側のE2点においてひずみの変化はほぼ0となっている。また主管導入軸力有りでは、内偏心とすることによりJ1点でのひずみが増大している。

図-5に偏心無しおよび内偏心0.5、1.0について降伏軸力(N_0)と降伏変位(δz)で無次元化した主管管軸方向の履歴特性を実験結果は破線で、解析結果は実線で示す。実験結果より主管導入軸力の有無にかかわらず初期剛性は偏心率による影響はない。また、主管導入軸力が有る場合、内偏心とすることにより変形能力は低下する。

実験結果と有限要素解析結果の履歴特性を比較すると、初期剛性と主管管軸方向における変形量は、比較的近似した履歴特性を示し、有限要素解析により実挙動を十分に追跡する事ができた。

図-6に有限要素解析による最大耐力時の主管導入軸力の有無について、偏心無し、内偏心0.5・1.0の応力分布性状を示す。主管導入軸力が無い場合の偏心無しでは、ガセットプレート両端部(I,J点側)近傍の主管管壁に局所的に応力が増大

している。これに対し内偏心0.5では、偏心無しほど局所的な応力集中は見られなく、内偏心1.0ではI点で引張応力が作用し、J点で圧縮応力が作用している。主管導入軸力有りでは、軸力の影響により全体的に圧縮力が作用しているが、偏心無しではJ点で、内偏心1.0ではI点で引張応力が作用している。

図-7に主管導入軸力比 $\beta = 0.6$ であるときの実験結果と有限要素解析結果の主管導入軸力有りの場合と主管導入軸力無しの場合についての最大耐力-偏心率関係を示す。実験結果より、最大耐力は主管導入軸力無しの場合、偏心無し、内偏心1.0では0.45~0.50程度であるが内偏心0.5では0.65と最も高い値を示した。これに対し主管導入軸力有りの場合、偏心無しでは0.91と高く内偏心1.0では0.77と低い値を示している。このように主管導入軸力の有無によって最大耐力に差が生じるのは、支管導入軸力がガセットプレートを通じて主管管壁に伝達される曲げ応力によるため、主管が曲げ応力に比べ、圧縮力に対する耐力が大きいことに起因する。実験結果に対する解析結果の値がやや大きくなっているが、有限要素解析による耐力の推定は十分に可能であると考えられる。

図-8に偏心無しから0.1ずつ偏心率を変化さ

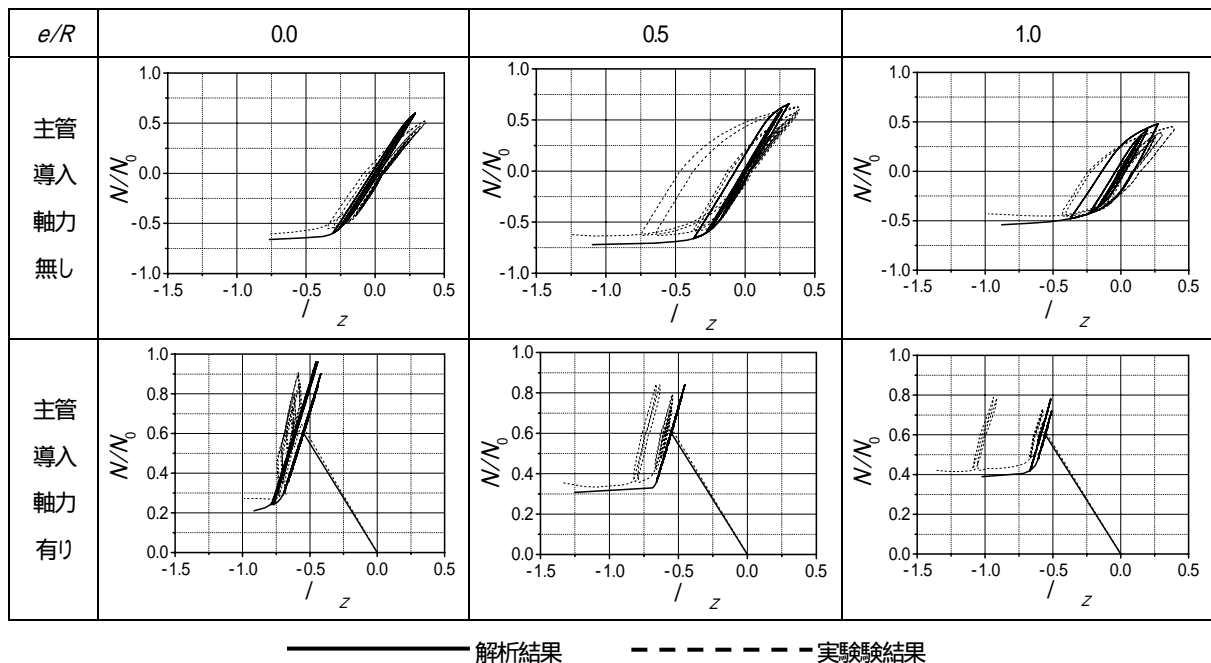


図-5 履歴特性

せ内偏心1.0までの計11種類の偏心率と主管導入軸力比を0.1~0.6まで設定し有限要素解析を行った最大耐力 - 偏心率関係について示す。最大耐力は主管導入軸力比が大きい $\beta = 0.6$ 、0.5では内偏心0.1で偏心無しと同程度の耐力を示すが、偏心率の増加により減少傾向にある。主管導入軸力比が0.3以下となると、最大耐力となる偏心率は上昇し、 $\beta = 0.1$ 、0.2では内偏心0.2で最大となる。また主管導入軸力を導入していない $\beta = 0.0$ では偏心率0.3で最大となっている。

5.まとめ

実験および有限要素解析により、静的繰返し载荷における主管管軸方向の履歴特性ならびに最大耐力が明らかになった。また、有限要素解析を用いることにより、耐力評価および弾塑性挙動の把握をすることができ、実験で行っていない形状等における弾塑性挙動を予測できる可能性が認められた。

【参考文献】

- 1) 福島 曉男, 小松 博, 偏心を有する鋼管構造接合部の疲労特性 - 導入軸力の変化による影響 -, 第36回日本大学生産工学部学術講演会 建築部会講演概要 (2003) pp.35~38.

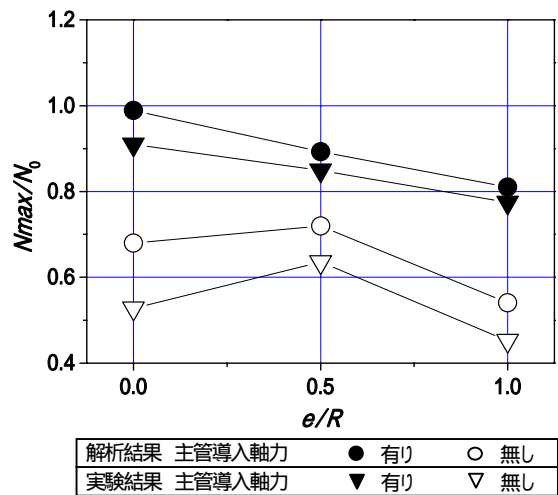


図 - 7 最大耐力 - 偏心率関係

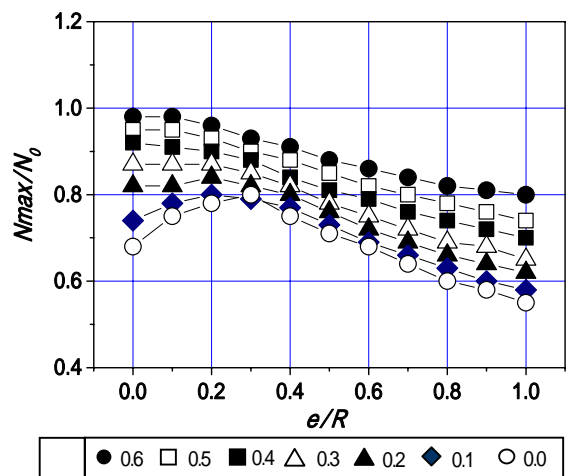


図 - 8 最大耐力 - 偏心率関係

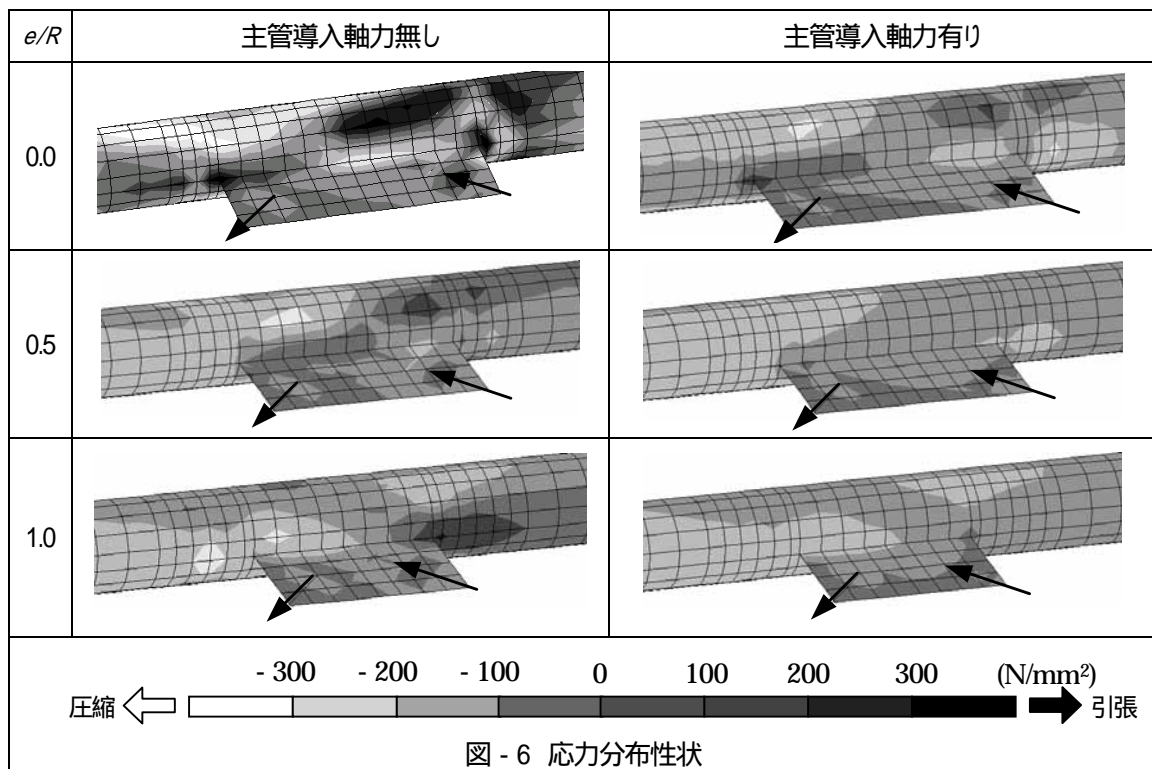


図 - 6 応力分布性状