

偏心接合を用いた鋼管構造の経年に伴う疲労強度に関する研究

福島 暁 男 (建築工学科)

小松 博 (建築工学科)

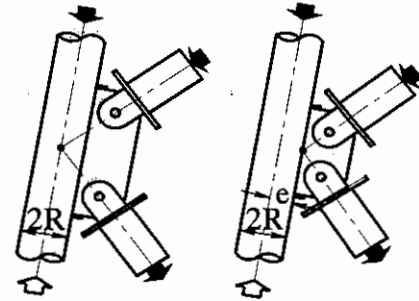
1. まえがき

大規模な塔状鋼管構造物の管ガセットプレート継手において、現行の接合部設計手法では図-1(a)に示すような主管と支管の重心軸を一致させる事を原則としているため、主管の大型化に伴い接合部のガセットプレートもサイズが上昇する。ここで図-1(b)のように主管のガセットプレート側に支管軸の交点を偏心させることにより、ガセットプレートが縮小され構造物の重量が軽減される。また、設計自由度が増し、施工時の作業性も高められる。しかし、この手法の接合部ではガセットプレートの取り付けにより主管の剛性が高くなる反面、構造偏心が生じ、接合部には付加曲げモーメントが作用するため主管耐力が問題となる。これらを考慮して筆者らによる既往の研究として、偏心接合を用いた場合の主管と一对の支管からなる部材レベルでの実験¹⁾・理論解析²⁾および有限要素法を用いた数値解析³⁾を行うとともに、2パネル構成の部分フレームモデルでの有限要素法解析⁴⁾および実験⁵⁾についての結果を報告し、細長比(λ)が20~40の内偏心において、偏心を行っていない場合と同程度の耐力にあることが示された。

本研究は、これら一連の研究の延長に位置付けられるもので、経年構造物としての鋼管構造を対象とし、特に大型鋼管鉄塔の疲労寿命を取り扱う。鉄塔構造物では風荷重が常時作用するため、疲労蓄積による耐力劣化が問題となる。よって偏心を有する接合部を対象とした疲労実験により疲労強度を明らかにするとともに、応力集中による局部変形の問題等について残存強度の推定を行う。この中で平成12年度は、予備調査および実験計画として試験体・実験用治具の設計を行っている。

2. 文献調査

本研究を行うにあたり、鋼管構造の疲労寿命に関しての文献調査を行った。しかしガセットプレート接合を対象とした鋼管構造の疲労寿命に関しての研究は非常に少なく、藤本らによる低サイクル疲労実験の結果⁶⁾があるのみである。これに対



(a) 偏心無し

(b) 内偏心

図-1 接合部詳細

して主管と支管を溶接により直接接合する分岐継手に関しては、多くの研究がなされ中でも黒羽らによる研究⁷⁾では、鋼管K型分岐継手を対象として、疲労性状を明らかにしている。この概要は、分岐継手の形が複雑であり不明な点が多く、また疲労寿命を解析的に推定しようとしても応力状態が複雑であり現すのが困難であるとして、疲労寿命を推定するために荷重振幅を静的耐力で除したものをSとにおいてlog S-log N座標上に実験結果を示しS-N曲線を引いている。このK型継手のS-N関係は継手の形状、寸法の如何に関わらず近似的に1本の直線で表され、このS-N関係はK型継手の疲労設計に利用できるとされている。疲労試験の結果から検討してみると静的耐力が大きいほど一般的に疲労寿命が長くなるとしている。

また、現行の鋼管構造の疲労設計⁸⁾においては、主管に長期許容耐力である1.0Pを載荷したのち、0.5Pから1.5Pの応力振幅で3000回の繰返し載荷と定められているが、地域あるいは対象部位別の風荷重に対する疲労損傷の位置付けは明らかではない。

3. 実験計画

本研究では偏心接合を用いたガセットプレート継手において、風などを想定した動的載荷実験により主管の疲労特性を検証するとともに、経年構造物としての鋼管構造の残存強度を把握することを目的としている。

疲労特性ならびに残存強度の把握は、ともに疲労試験により求めるもので、試験を行うための実験装置の開発が重要となる。特に動的載荷を必要とするため実験装置の各部の強度を十分に確保する必要があることと、ピン接合部における摩擦抵抗の軽減が重要である。

実験は、主管に一定軸方向力を載荷し、これを維持したまま支管に取り付けたアクチュエータによって動的な変動軸方向力を与えることにより疲労試験を行う。図-2 に示す実験装置は、試験体の主管端部の一方を自由端、他方をピン支持とし、自由端側の慣性マスを抑えるため、主管に導入軸力を与える 500kN センターホール油圧ジャッキはロードセルとともに支持側に内装している。また支管とガセットプレートの接合はピン接合とし、一方の支管に 300kN のアクチュエータを、他方はピンを介して固定している。すべてのピン接合部は前述のようにベアリングを挿入することにより摩擦抵抗を抑えている。

試験体は表-1 に示すように主管、支管共に $\phi 139.8 \times 3.5$ を使用し接合部での偏心率(e/R)は、偏心距離(e)を鋼管半径の 1/2 で除したもので、偏心無し 0、内偏心+0.5、+1.0 の 3 ケースについて設定している。また、主管と支管の交角(θ)はすべて 45° とし、ガセットプレートの高さはすべて 145mm で、それぞれの偏心率でガセットプレート長さ(B)を設定している。

載荷方法は主管に 1.0P の圧縮軸力を油圧ジャッキで主管内部の PC 鋼棒を介して加え、水平力はアクチュエータから支管を通して正負交番の動的繰返し載荷をコンピューターの自動制御で行う。まず疲労特性を求めるための疲労試験の応力条件

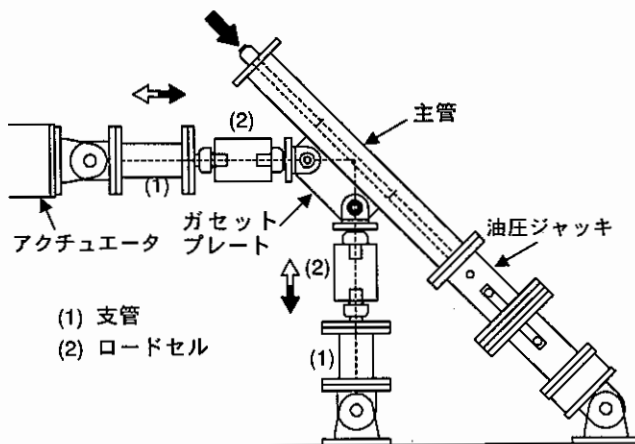


図-2 実験装置

表-1 試験体一覧

鋼管サイズ	主管長さ (mm)	偏心率 (e/R)	ガセットプレート長さ (mm)
$\phi 139.8 \times 3.5$	1029	0	420
		0.5	349
		1.0	279

は、文献 8 の応力振幅において主管あるいは接合部が破壊するまでの繰返し回数を得ることにより疲労寿命を求める。次に経年構造物の残存強度の評価にあたっては、同様に文献 8 の応力振幅で 3000 回の繰返し載荷を行った後に、静的載荷により破壊時の耐力についてバージン材との比較により行う。

4. まとめ

平成 13 年度は、以上の実験計画のもとに研究を行い、動的繰返し載荷を受けた場合の疲労特性と残存強度の関係を調べる予定である。

[参考文献]

- 1) 小松・福島：鋼管構造の偏心接合に関する実験的研究、日本建築学会 構造工学論文集、Vol.38B、pp.451~461、1992年3月
- 2) 小松・福島：鋼管構造の偏心接合における主管の終局耐力、日本建築学会構造系論文集、第477号、pp.451~461、1995年11月
- 3) 小松・福島：鋼管構造の偏心接合における主管の弾塑性挙動、日本建築学会構造系論文集、第492号、pp.107~112、1997年2月
- 4) 江村・小松・福島：鋼管構造の偏心接合に関する研究(8. フレームモデルによる有限要素法解析)、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp.555~556、1997年9月
- 5) 岩田・小松・福島：鋼管構造の偏心接合に関する研究(9. フレームモデルによる実験的検証)、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp.719~720、1998年9月
- 6) Fujimoto・Yamagishi・Sato and Izawa : Experimental Study on Ultimate Strength and Low-Cycle Fatigue Resistance of Tube to Gusset Plate K-Joint、Safety Criteria in Design of Tubular Structures、pp.251~261、1987年2月
- 7) 黒羽・許斐：Some Simple S-N Relationships in Fatigue of Tubular K-Joints、日本建築学会論文報告集、第212号、pp.9~22
- 8) 電気学会：送電用支持物設計標準 JEC127、1979年