

広島建設技術研究所 正員 〇中山 三生  
 " " 野尻 陽一  
 " " 三村 長二郎

1. まえがき シーバースなどの構造物を外海に構築する場合、構造上および施工上いくつかの利点を有するジャケットタイプ構造が有用である。しかしシーバースが大型になるとジャケット部材も必然的に大口径の鋼管となり、従来の設計概念で考えると、肉厚が外径の3%以下であるような薄肉鋼管になったりする。そのような場合、ジャケット脚柱である母管とブレース柱である支管との継手部には局部的な応力集中が生じ、そこで弱点部となるおそれがある。そのため、ここでは母管が外径1400mm、肉厚24mmの大口径薄肉鋼管( $t/D=0.23$ )で、一般的な継手形式のK型継手部を例にとり、静的加力による構造実験を行なって、各種の継手補強策、あるいは脚柱内のピンパイルおよび充填モルタルが、継手効率にどの程度有効であるかを調べた。

2. 実験方法 供試体は表-1に示すように、想定した継手部を幾何学的に1/2縮尺したもので、M-1よりM-5は、 $t/D=0.56$ の薄肉鋼管継手であり、M-6は

母管肉厚が外径の3%を有する鋼管継手である。各供試体の種類は表-2に示すとおりである。使用した鋼管はSTK-41で、供試体の長さは接合部の局部的な応力の影響を考慮して、接合部から管径の2倍以上の長さを持つようにした。母管と支管との接合方法は、支管先端を母管の曲面に合わせて開先加工し、裏波ビードができるような突合せ溶接とした。供試体の製作時には、溶接手順によって継手部の強度が影響されたりしないようにするため、溶接は最も良好なものとなるように配慮し、また非破壊検査を行なってそれを確認するようになった。

供試体の載荷方法は写真-1に示すように、各支管に配置した油圧ジャッキにより引張あるいは圧縮の軸方向荷重、または面内曲げとなる横荷重を作用させた。接合部付近に生じるひずみは、ワイヤストレーンゲージで測定し、応力分布は光弾性皮膜を用いて測定した。また母管の半径方向の断面変形はダイヤルゲージを用いて測定し、さらに母管の支管軸方向の変形は差動トランス型変位計によって測定した。

3. 実験結果 接合部付近の実測ひずみには、母管の曲げたれみによるひずみ、母管の軸力によるひずみ、そして接合部の局部的な変形にもともなうひずみが含まれている。そのため、局部的な変形の影響を受けたい部分の実測ひずみを用いてこれらを分け整理した。そして局部的な変形にもともなうひずみを弾性域で応力換算し、その最大主応力値と梁理論による支管の部材応力値の比で接合部付近の応力集中係数を求めた。各供試体において代表的な測点3ヶ所について示すと図-1のようになる。ただし、

実構造物	母管			支管		構造パラメータ				
	O.D. (mm)	T (mm)	L (mm)	O.D. (mm)	t (mm)	$\alpha$ (L/a)	$\beta$ (c/a)	$\gamma$ (a/T)	$\tau$ (t/T)	O.D./T
M-1,2,3,4,5	711.2	12.7	4600	406.4	7.9	12.9	0.57	29.2	0.62	56.0
M-6	762.0	22.7	4600	406.4	7.9	12.1	0.53	16.8	0.35	33.6

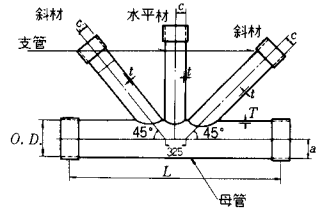


表-1 供試体の形状・寸法

供試体	構造の種類・形状	補強の方法
M-1	#406.4 7.9 #711.2 12.7	母管の風船型配の大きいところにリング状のプレートを取り付ける方法 (母管-中空)
M-2	#406.4 7.9 #711.2 12.7	支管内を貫通するようなプレートを取り付け、その端部にリング状のプレートを設ける方法 (母管-中空)
M-3	#406.4 7.9 #711.2 12.7	母管と支管とを直接接合する方法 (基本構造継手)
M-4	#406.4 7.9 #711.2 12.7 #609.6 9.5	母管と内管(枝)との間隙にモルタルを充填し、全周を充填する方法 (母管-モルタル充填)
M-5	#406.4 7.9 #711.2 12.7 #609.6 9.5	母管と内管との間隙にモルタルを充填し、母管にリング状のプレートを設ける方法 (母管-モルタル充填)
M-6	#406.4 7.9 #762.0 22.7	母管と支管とを直接接合する方法 (母管-中空)

表-2 供試体の種類と補強方法

この測点は接合部から約1cm離れた母管壁の結果であって、光弾性変形の測定によると接合部での応力集中が最も著しく、その応力集中係数は平均して、これらの値の約1.25倍となる。各供試体の応力集中の大きさと、母管の半径方向の断面変形と比較させると、よく対応している応力集中のほとんどが、この母管の断面変形による構造的要因によってもたらされていることかわかる。

一方、各供試体において斜材が軸方向圧縮荷重を受けた場合、母管の一部が応力集中によって鋼材の降伏応力度（ここでは $\sigma_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$ とした）に達した時、支管に作用している荷重を初期降伏荷重とし、支管自体の降伏荷重と比較すると表-3のようになる。初期降伏荷重はかなり低い。その後の荷重の増加に対してひずみはそれほど増加せず、むしろ降伏ひずみの領域が広がっていく傾向にある。そのため母管と支管との相対変形が急増し、継手部としての機能が損われる段階を降伏荷重とすれば、初期降伏荷重から降伏荷重までの残存荷重は非常に大きい。

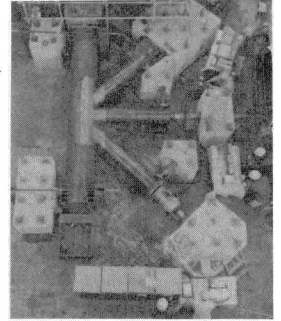


写真-1 実験状況

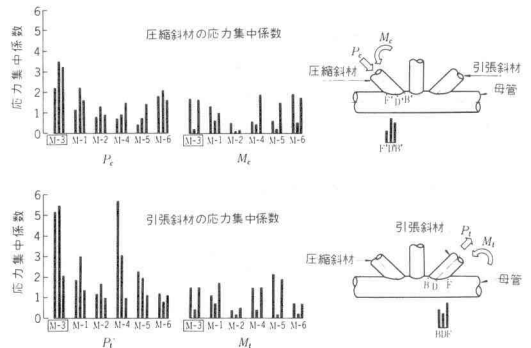


図-1. 各供試体接合部(母管壁)の応力集中係数

4. 考察 各種の継手補強策の効果と、母管肉厚比外径の3%を有するM-6供試体との相対的な比較によって考えてみる。すなわち、接合部付近の局部変形に伴う応力集中の面から考えてみると、まず薄肉鋼管継手のままのM-3供試体では応力集中が大きく実用上問題点が残る。これにリングステフナーを設けたM-1供試体では、製作が容易なようにそれを母管軸に直交する形で取付けているため、斜材支管からの荷重に対してはあまり効果的ではないが、水平支管からの荷重に対しては比較的效果がある。またロセットプレートを設けたM-2供試体では、母管の応力集中はほとんど緩和され非常に効果的であるが、製作性の面では難点をもっている。母管内にピンパイルおよび充填モルタルを有するM-4供試体では、支管からの荷重が圧縮荷重の場合効果的であるが引張荷重の場合、母管とモルタルの附着が切れると母管の局部変形が増大する傾向にある。さらにリングステフナーを設けたM-5供試体では、このモルタルはく離によって増大する応力集中はかなり緩和されるが、その効果は圧縮荷重の場合と比較するとあまり生かされていない。なお補強方法の効果と、継手の強度の面から考えてみると、それを初期降伏荷重に採ったのでは余裕のあり過ぎることになり、また降伏荷重では応力の再配分が行なわれるというものの部分的にはかなり大きな塑性ひずみが生じているので、繰返し荷重の影響を考えると危険側となる。そのためこの種の補強方法の効果は、ここで調べてきた構造上の特性に加えて、設計荷重の種類(圧縮、引張あるいは静的荷重、繰返し荷重等)、設計に期待する継手効率、そして製作性などの条件を考慮しながら総合的に判断する必要がある。

供試体	初期降伏荷重 支管降伏荷重
M-1	0.18
M-2	0.27
M-3	0.12
M-4	0.21 (0.18)
M-5	0.24 (0.20)
M-6	0.20

( ) 内は斜材支管引張荷重の場合

表-3 初期降伏荷重

5. あと書き M-6供試体に関する実験は、この実験と並行して新日本製鉄(株)相模原研究所が実施したものと、その実験結果を提供して下さった同研究所の加藤輝雄、磯田雅雄両氏、実験に関係した諸氏に深く感謝致します。  
 <参考文献> (1) M. Natarajan and A.A. Toprac; Studies on Tubular joints in U.S.A. Review of Research Reports, S.F.R.L., The Univ. of Texas, May 1969. (2) American Petroleum Institute; API recommended practice for PLANNING, DESIGNING, and CONSTRUCTING fixed offshore platforms, API PR2A, Oct, 1972