

名古屋大学工学部 学生員 中村 幸
 名古屋大学工学部 正 員 有佐 康則
 名古屋大学工学部 正 員 梶田 建夫

1 まえがき 近年、建築物、橋梁、および石油掘削施設等の海洋構造物において鋼管構造が多く用いられている。鋼管構造では、直接鋼管どうしを接合する場合が多く、その場合、接合部において応力集中が生じ、それが鋼管構造物の耐力を決定する重要な因子となっている。鋼管構造の耐力を増加させるためには、局部変形による接合部の応力集中を緩和させる必要があり、そのためには接合部に補強を施さなければならない。しかし、補強を施した鋼管構造では、鋼管自体の複雑さのうえに補強材が加わり、その力学挙動に影響を与える幾何学的パラメータが数多く存在するため、補強を考慮した鋼管構造の研究は、いまだ十分に行なわれていないようである。

本研究では、補強を施したX型鋼管継手について静的引張試験を行ない、その耐力を求めるとともに、有限要素法による解析を行ない、この結果に基づいて、それぞれの補強の効果や特徴について検討を行なった。

2 補強された鋼管継手の引張試験 鋼管継手の代表的な型式であるX型継手について、3種類の最適と思われる補強型式の供試体および無補強供試体を用い、引張試験を行なった。無補強供試体(タイプN)の形状および主要寸法を図-1に示す。また、補強は無補強供試体にそれぞれ図-2に示すような型式で補強を行なった。なお、補強に用いた鋼材量は各型式とむすべて等しい。タイプBのリングによる補強は、主翼の曲げ剛性を高めるためのものである。タイプAおよびCは主翼の曲げ剛性を高めるとともに、枝翼の応力を伝達する目的でリブによる補強を施した。また、タイプA、Cの補強リブの形状は枝翼とリブの接合部で起こる応力集中を緩和させる目的で図4のようにされた。素材はSTK41を用い、溶接はすべて手溶接で行ない、溶接面の仕上げは行なっていない。

それぞれの供試体の荷重変位曲線を図-3に示す。変位は主翼の中央の点Aの半壁方向の変位量である。なお、図中にそれぞれの供試体の破壊荷重を示す。図からわかるように、無補強のものに比べ補強のあるものは高い剛性を示している。特に、タイプAとCでは、中央部に補強材を配置したのだから主翼の曲げ剛性を高めることができたと考えられる。

無補強供試体の基本的破壊形式は、主翼と枝翼の接合部にき裂が発生し、それがしだいに進展して破壊に至っている。タイプBでは無補強供試体と同じ場所にき裂が発生し破壊している。またタイプAは、リブと枝翼の接合部に応力集中が生じ、そこにき裂が発生して破壊している。一方タイプCでは、補強効果により継手部分の耐力が枝翼のそれを上回った。ために、枝翼に破壊が生じた。破壊荷重が、補強を施したすべての型式において、無補強のものに破壊荷重の1.5倍程度になったことから明らかに、補強を施すことにより、鋼管構造の耐力をかなり増大させることが可能であると考えられる。

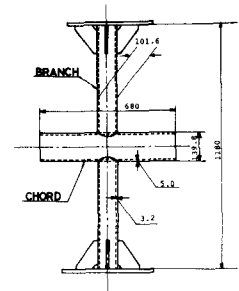


Fig.1 SPECIMEN

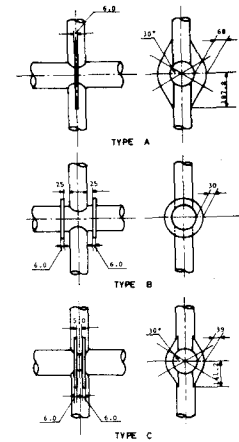


Fig.2 DETAILS OF STIFFENED X-JOINTS

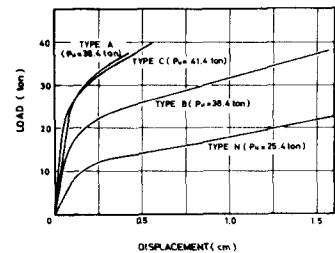


Fig.3 LOAD-DISPLACEMENT RELATIONSHIPS

3 有限要素法による解析 補強を施した継手構造は複雑な形状であり、その挙動は有限要素解析等の数値解析にたよるざるを得ない。本研究では8節点のアイソパラメトリックシェル要素を用いて有限要素解析を行なう。図-4に基本的な要素分割を示す。荷重2tonの場合の主翼および枝翼の表面のひずみ分布について、解析と実験結果の比較を図5~8に示す。枝翼のひずみは翼軸方向のひずみであり、主翼のひずみは翼周方向のひずみである。これらの図からも明らかなように、解析結果はよく実験結果と一致しており、本解析はこのような鋼管構造の変形、応力状態をよく把握できるものと思われる。各補強タイプの応力集中点は、無補強の場合と補強タイプBの場合では主翼と枝翼の接合部に存在し、タイプAとCでは、リブと枝翼の接合部先端にあり、実験におけるき裂発生位置とよく対応している。主翼と枝翼の接合部のひずみ状態を図-9に示す。タイプAとCでは、この部分のひずみ分布はほぼ一様に近いものとなり、応力集中点は存在しない。き裂の生じ易い継手部分に入さぬ応力集中が発生しないようなこれらの補強は十分に効果のあるものと判断できる。

4 まとめ 本研究で行なったような補強を継手に施すことによって、十分な耐力の向上を得ることができた。また、タイプAとCのようなリブ補強をする場合には、応力集中点がリブと枝翼の接合部先端に移ることに注意しなければならないことが明らかになった。

本研究で利用した有限要素解析により、複雑な形状の継手の応力集中の解析が可能となり、実験による耐力の評価を合わせて行なうことにより、鋼管継手の耐力の算定、補強の効果の判定をすることができると考えられる。また、有限要素解析で補強材の寸法などをパラメータとして解析を行なうことにより、最適な補強の程度の推定も可能になるのではないかと考えられる。

最後に、供試体の製作にお世話になったアルス製作所、坂本孝氏に感謝の意を表します。

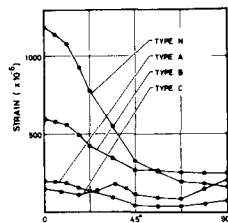


Fig.9 STRAIN DISTRIBUTIONS ON JOINTED LOCATION (P=2ton)

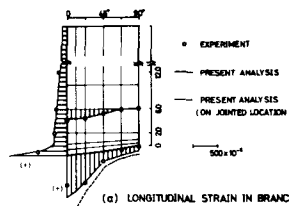


Fig.5 STRAIN DISTRIBUTION (TYPE N, P=2ton)

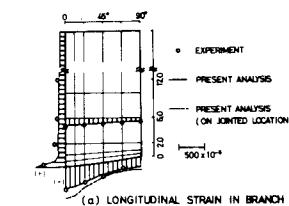


Fig.7 STRAIN DISTRIBUTION (TYPE B, P=2ton)

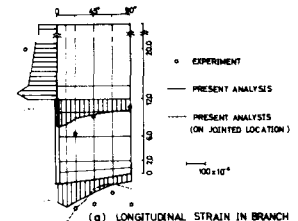


Fig.6 STRAIN DISTRIBUTION (TYPE A, P=2ton)

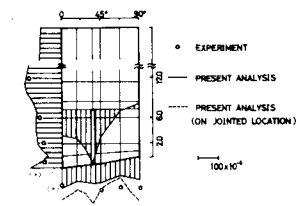


Fig.8 STRAIN DISTRIBUTION (TYPE C, P=2ton)