

I-130

板曲げを考慮した溶接継手の疲労寿命解析

トピー工業(株) 正会員 ○ 山田 聡
 名古屋大学大学院 程 小華
 名古屋大学工学部 正会員 山田健太郎

1. まえがき

過去に報告された疲労の損傷例をみると、疲労き裂は鋼構造物の構造詳細、つまり鋼板どうしが組合わさって溶接接合されている箇所に発生することが多い。板どうしが組みあわせられると複雑な形状になり、その不連続性により応力の流れが不均一になって、通常の不連続部の応力集中よりも大きな応力集中が起こることがその原因と考えられる。そこで、ダイヤフラムコーナー部をモデル化し、有限要素解析を行う。その結果を用いて、板曲げが生じる場合の溶接継手の疲労寿命を解析する。

2. コーナー部の応力解析

2.1 コーナー部のモデル化と応力解析

ある種のダイヤフラムコーナー部では、一枚の板を介して2枚の板が90度ねじれて応力を伝達する構造(図-1)であり、そこでは、力の作用のしかたによってはきわめて大きな応力集中が発生していると考えられる。そこで、コーナー部付近をモデル化し、その有限要素解析をおこなう。モデルは、通常のダイヤフラムコーナー部によく用いられる形式を単純化したタイプⅠ、補強材を加えたタイプⅡ、Ⅰタイプにリブを取り付けたタイプⅢの3種類である(図-2)。

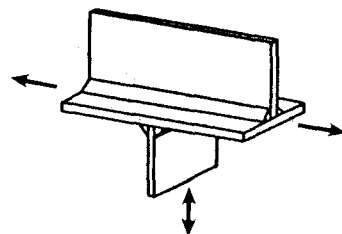


図-1 板で構成される継手の例

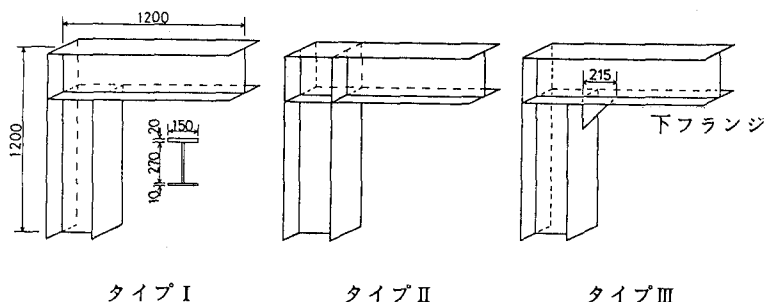


図-2 解析に用いるモデル

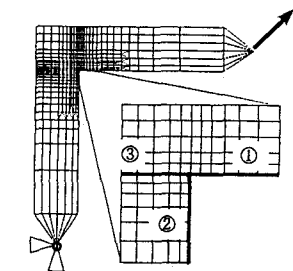


図-3 モデルの要素分割、荷重方向と応力取出位置

これらのモデルについて、汎用有限要素プログラムで、Shell要素を用いた有限要素解析を行った。拘束条件としては、モデルの両端部に四角すい状の治具に相当する要素を取り付け(図-3)、支点側では全点拘束とし、荷重は、支点と荷重点を結ぶ直線方向に引張力 $P = 1t$ を作用させた。

2.2 解析結果と考察

解析結果の一部を図-4に、計算値に対する解析結果で得られた長手方向の応力集中を表-1に示す。これらより、補剛材のついていないタイプⅠで最も大きな応力集中値をもつ。

また補強材を加えたタイプⅡでは、発生する応力は低減し、さらにリブをとりつけたタイプⅢでは、応力集中位置はリブ端部となり、また応力集中値もさらに低減できることがわかった。

表-1 解析結果の応力(kgf/cm²)と応力集中

	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅢ
公称応力	138	138	115*)
発生応力	375	264	140
応力集中	2.72	1.91	1.22

*)最大応力発生点(コーナー一点より215mm離れた点)

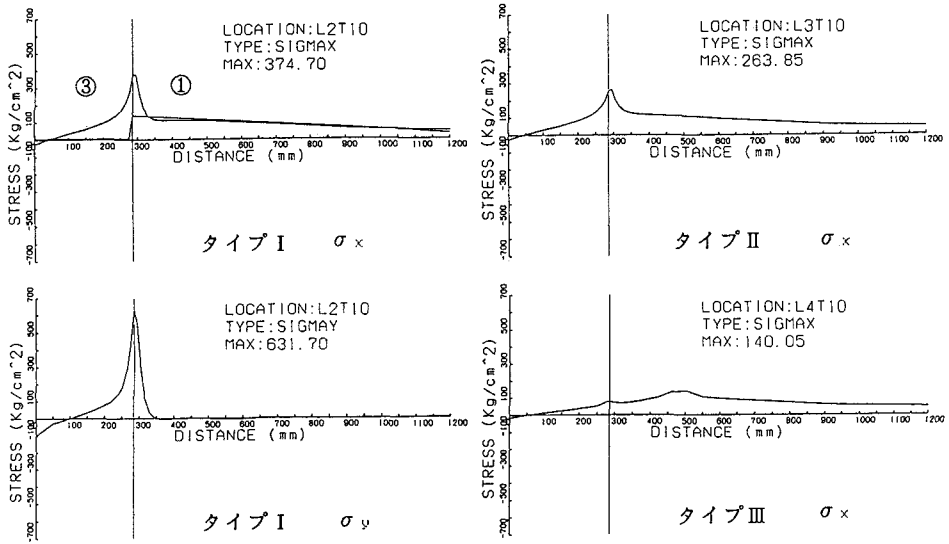


図-4 下フランジ沿いの応力分布

つぎに、図-5に示すように、下フランジでの要素応力に着目すると、隅角点付近では、±100mmの範囲で非常に大きな板曲げを受けており、計算した応力値と比べてみると板曲げが生じる区間内で応力が増加していることが確かめられた。以上より、局所的な板曲げが生じることで、継手の応力集中をさらに大きくし、これがき裂の進展を助長する結果になったと思われる。

破壊力学による疲労寿命の計算結果を表-2に示す。これは、部材の曲げと軸力によるフランジ縁の公称応力を100MPaとしたときの疲労き裂進展寿命である。板曲げを考慮しないときは応力集中の最大値を用い、板曲げを考慮するときは板曲げを考慮した応力拡大係数を用いて計算した。板の構成の仕方によっては例えばタイプIのように高い応力集中の結果、短い疲労き裂進展寿命が得られる。また板曲げの影響を考慮することにより疲労き裂進展寿命は延びるが、これらについては実験等により確認する必要があると思われる。

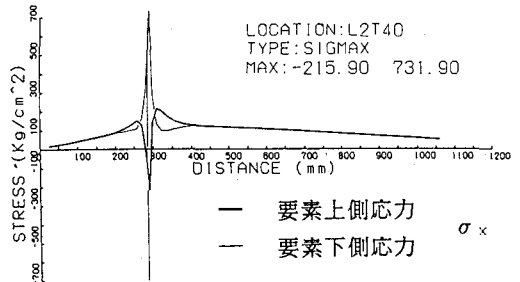


図-5 下フランジの要素応力

表-2 疲労寿命解析結果

	曲げを考慮する	考慮しない
タイプI	2 7	7
タイプII	3 1	100MPa時 単位(万回)
タイプIII	1 1 1	

3. まとめ

板曲げが生じる場合の継手の有限要素解析を行ない、コーナー部における応力を求めた。この結果を用いて、疲労き裂進展寿命を解析した。

- 1)補強材のあるタイプIIでは、応力は約30%低減し、リップをつけたタイプIIIでは、最大応力で約63%低減した。
- 2)要素応力でみると、上側応力と下側応力の大きな差により相当量の板曲げを受けており、その区間で応力も増大していることがわかった。
- 3)曲げを分離して考慮することにより、実際の疲労き裂進展挙動をより正確に把握することが可能であると考えられる。また、剛性の向上、変形の拘束によって応力集中は低減し、疲労き裂進展寿命は長くなる。