

I-156 セン断力を受けるスカーラップ部の応力集中について

(株)大林組 ○正員 秋山幸一
法政大学 正員 山下清明
田島橋梁構造研究所 正員 田島二郎

1. はじめに

トラス格点部など構成部材同志の接合部では、溶接線の交差を避けるためのスカーラップが設けられることが多い。著者らは、先に、トラス格点部の応力集中現象の一つである曲げを受ける床桁と下弦材の接合部に設けられたスカーラップ部の応力集中発生性状を把握するため、I型断面梁のウェブにスカーラップをモデル化した開口部を有する単純化されたモデルにより実験及びFEM解析を行った。その結果、スカーラップ始点のフランジ部に発生する応力ピーク値は、曲げ荷重に伴うせん断力の存在により顕著に高くなること¹⁾、中実要素によるFEM解析は面内・面外剛性を考慮した板要素解析よりも応力ピーク値が高めとなること²⁾を明らかにした。本報では、前報と同様に、梁の断面力である軸力、曲げモーメント、せん断力の応力集中に対する影響を分離して考え、各断面力作用下の応力集中発生性状を検討した。さらに、せん断力作用下の応力集中に特に注目し、I型断面の諸量やスカーラップ半径が変化した場合の応力集中特性を検討した。

2. 数値解析方法

応力解析は3次元連続体としての中実要素(6面体8節点要素)によるFEM解析によった。解析モデルは、ウェブ幅中央面での構造系の対称性を考慮した、中央部にスカーラップに相当する開口半円を設けた1/2簡略モデルである。断面諸量を変えた場合の要素分割は、着目するスカーラップ始点の要素形状ができるだけ変わらないように、板厚を厚くした場合は板厚方向の分割数を増やした。荷重条件は以下に示す3種類をモデル端部に作用させた。

- ・軸力---軸力に相当する一様な引張応力分布
- ・純曲げ---純曲げモーメントに相当する曲げ応力分布
- ・せん断---解析モデルの中央断面でせん断力のみが作用するようなせん断応力分布と曲げ応力分布

これらの荷重条件は、適当な係数を乗じて重ね合わせることで、曲げモーメントが軸方向に線形に変化する梁の断面力と一致する。

3. 中実要素解析の有効性の検討

図2に示した実験供試体に対し弾性曲げ実験を行い、中実要素解析結果との比較を行った。図3にフランジのウェブ接続面、梁軸方向応力の分布を示す。中実要素解析結果は従来行われていた板要素解析より応力ピーク値で1.4倍程度高い値を示した。また、スカーラップ始点に三角柱要素を付加し、隅肉部を簡易的に考慮した中実要素解析により、過去に問題点としてあげられた実験と解析のピーク値発生位置のずれが隅肉溶接の影響であることが判明した。

4. 応力集中発生性状

軸力、純曲げが作用した場合、断面諸量、スカーラップ半径の変化による応力集中特性は、類似した傾向にあった。梁の単純理論による応力を基準応力として定義した応力集中率は、ウェブ

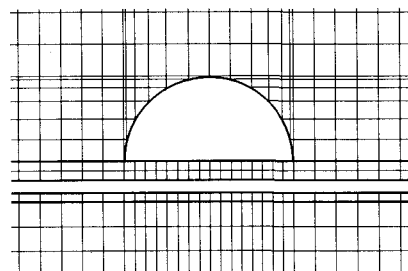


図1 スカーラップ周辺要素分割図

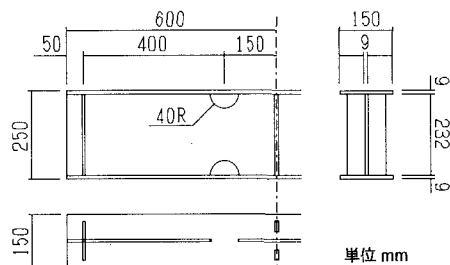


図2 供試体形状・寸法

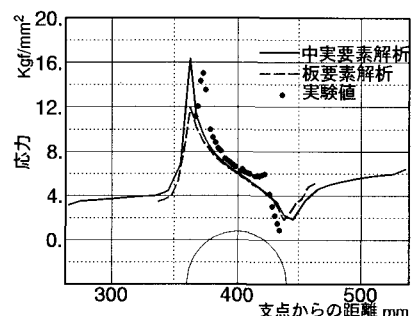


図3 フランジ内側応力分布

ブ厚、スカーラップ半径の影響が大きく、他の断面諸量の影響は無視できるほど小さいものであった。よって、スカーラップによるウェブ断面欠損が応力集中の主たる原因と考えられる。この断面欠損により、スカーラップ付近のウェブ、フランジには軸方向変形量の差が生じ、そのため、ウェブ、フランジ接合面でせん断応力が誘発され、スカーラップ内のフランジに偏心曲げを発生させるものと考えられる。

せん断力の作用下において、実験供試体に相当する解析モデルのスカーラップ中央位置のウェブのせん断応力分布は、荷重として与えたせん断力をウェブ純断面積で除した値とほぼ一致し、せん断力にはほとんどウェブのみで抵抗していることが明かとなった(図4)。そのため、スカーラップ付近のせん断変形は他の位置と異なって著しく大きくなり、スカーラップ両始点間には図5に示すような縦方向の相対変位が生じ、これを結ぶフランジには両端固定梁の端モーメントに相当する断面力が発生する。この曲げモーメントが応力集中の主たる原因と考えられる。

5. せん断力作用下の応力集中特性

せん断力が作用した場合、応力集中を表す無次元量(以後、基準化された応力)を定義するための基準応力を以下の方法で定めた。基準応力は、スカーラップ内のフランジを梁に置き換え、単位幅の梁に単位の曲げモーメントが作用した場合の断面保持を仮定した曲げ応力に、せん断スパンの短い梁の影響を考慮して得たものである。フランジの曲げに対する剛性に関係する基準応力により定義される基準化された応力は、スカーラップ付近のせん断変形の影響を強く受ける。このせん断変形を、スカーラップ中央断面、ウェブ図心位置のせん断応力に代表させて検討を行った。図6に示すように、せん断応力の増加に対し基準化された応力も増加した。また、せん断応力はスカーラップ中央断面のウェブ及びフランジの相互影響を受けることが明かとなった。そして、基準化された応力とスカーラップ中央断面ウェブ純断面積・フランジ断面積比の関係は、フランジ板厚ごとの直線関係として整理できることが明らかになった(図7)。

6. 結論

(1)せん断力の存在により顕著に大きくなるスカーラップ部の応力集中は、スカーラップ付近のせん断変形に伴うスカーラップ始点での曲げモーメントの発生が応力集中の原因である。そして、スカーラップ始点の応力ピーク値はせん断変形と高い相関関係があり、その値はスカーラップ付近のウェブのせん断剛性とフランジの縦方向変形に対する剛性の影響を受ける。

(2)フランジの曲げに注目して定義した基準化された応力は両対数軸上でウェブ純断面積・フランジ断面積比と直線関係にあり、これより応力ピーク値の推定が可能となる。

参考文献 (1)須田, 田島, 山下: 曲げ部材スカーラップ周辺の応力集中について(その3), 第43回土木学会講演概集1, pp486-487, 1988
(2)山下, 秋山: スカーラップ周辺の応力集中について, 第48回土木学会講演概集1, pp1112-1113, 1993

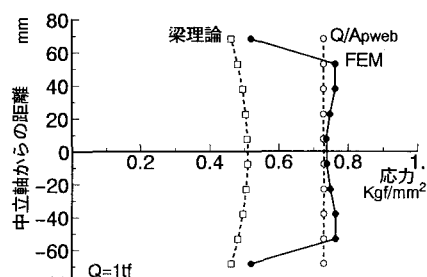


図4 ウェブせん断応力分布

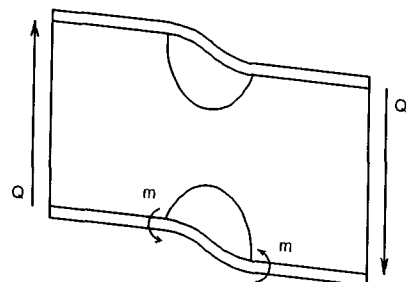


図5 応力集中発生性状

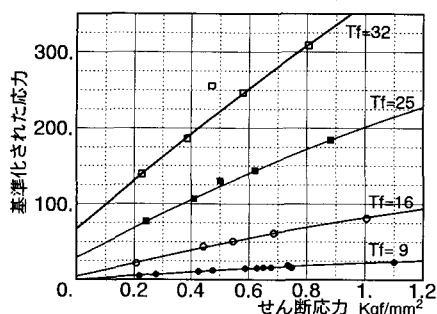


図6 基準化された応力 - せん断応力関係

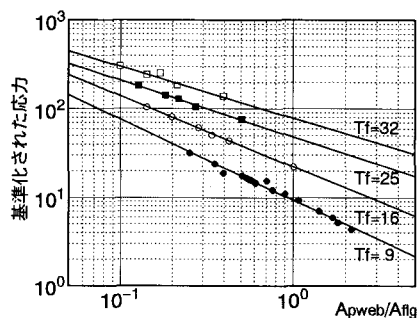


図7 基準化された応力の推定