

I-26

鋼構造物における補強法に関する基礎的研究

岡山大学大学院 学生員 ○ 本郷 英樹
 NTT 鶴海 康雄
 岡山大学工学部 正会員 谷口 健男

1. まえがき 近年、スカーラップ周辺におけるひび割れ等、構造物各部のディテールに起因すると考えられる損傷例がいくつか報告されるようになった。そこで、本研究においては、このような局所的応力状況を解明する目的で、3次元有限要素解析プログラムの開発を行い、そのプログラムを用いて桁構造を例にとり、スカーラップ周辺の応力解析を行う。これにより、対象とする部分の応力状況を明らかにするとともに、各種補強法を用いて応力低下の検討を行う。また、このような解析は、一般には2次元モデルにより行われることから、現行の2次元解析によって同一の解析を行い、このような簡易的解法の妥当性を調べる。そして、その力学的挙動の違いを見出すとともに、問題点の抽出を行う。

2. プレートガーダー橋のスカーラップ周辺の応力解析

1) 3次元応力解析と各種補強法の検討 RC床版を有する2本主桁プレートガーダー橋のスパン中央付近の横桁取り付け部において、スティフナ上端のスカーラップ周辺を図1のように、2段階のズームング技法を用いて解析する。境界条件は、実際の荷重条件、支承条件と同様のものを与える。また、図2に示す3つの補強法を用いて応力の平均化の検討を行う。CASE 1は主桁上フランジと横桁上フランジを連結するもので、CASE 2は主桁ウェブ背面に鉛直スティフナを追加するもの、CASE 3は主桁間の中央に縦桁を増設するものである。

補強がない場合の応力状況： 局所領域内において、主応力が引張りから圧縮、圧縮から引張りへと移行し、応力値の大きさも急変している。明らかにこの部分において応力集中が発生している。

CASE 1の応力状況： 平均的な応力低下は達成されているが、ピーク値には変化がなく、全体の応力を平均化するという点では無意味である。

CASE 2の応力状況： 応力が低い部分においての変化がなく、集中部だけを低下させている。ピーク値も25%程度の低下が見られ、応力の平均化が達成されている。

CASE 3の応力状況： CASE 1と同様、平均的な応力低下でありピーク値はさほど変わらない。

2) 2次元応力解析と各種補強法の検討 モデル化は図3のように行い、横桁および対傾構が3m間隔で設置されていることを考慮して、主桁の有効翼行きを3m、その3m間に載荷されている荷重を分担荷重として与える。

補強がない場合の応力状況： 3次元解析にくらべ圧縮力が卓越しており、引張りによる応力集中部においても、主応力方向はかなり違ったものとなる。

CASE 1の応力状況： 全体的に応力を低下させるとともに、ピーク値を50%程度低下させている。

CASE 2の応力状況： ピーク値がやや低下しているだけで、全体的にはほとんど変化はない。

CASE 3の応力状況： 最も応力低下がはげしく、ピーク値においては60%程度の低下率となっている。

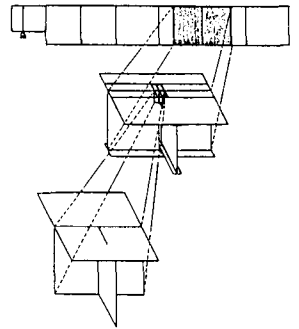


図1 ズーミングによる解析

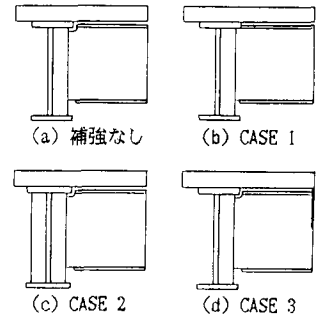


図2 各種補強法

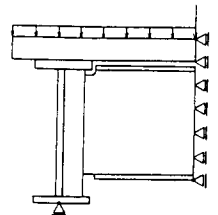


図3 2次元全体解析モデル

3) 3次元モデルと2次元モデルの比較 3次元解析と2次元解析においては、各種補強法などによる挙動や主応力の方向において、明らかに異なった様相を示している。3次元モデルの力の流れが各部材の剛比によって決定されると考えられるのに対して、2次元モデルでは曲げが卓越しているスパン中央付近をその下部で支え、せん断が卓越しているようなモデルに置換したため、ウェブ下端や下フランジには圧縮力が働いている。これは、実際の構造物とは全く異なるものであり、その圧縮方向にスカーラップが存在するため、何らかの影響を及ぼされていると考えられる。

3. 3次元体の2次元モデル化の検討 局所的応力状況を3次元解析により行うには、大変な労力がかかり、モデルの形状が複雑な場合や、モデルが対称でない場合などは、膨大な自由度を必要とする。これらの自由度の増加は、コンピュータの容量不足や、コスト増大などの問題点を発生させるため、構造物の特性を十分に表現した上での2次元解析が望まれる。

1) バネを使った2次元モデル モデルは図4に示す3タイプで、TYPE 1は、下フランジ下端をバネで支えるもの、TYPE 2は、下フランジ下端と床版をバネで支えるもの、TYPE 3は、下フランジ下端と床版、さらにウェブをそれぞれバネで支えるものである。なお、3次元解析の応力状況を参考に、主桁の奥行きや荷重の

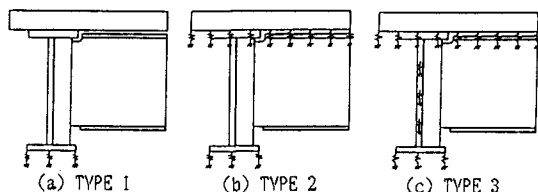


図4 バネを使った2次元モデル

決定を行い、ある程度応力状況を3次元解析のものと合わせてから、各種補強法の検討を行う。

TYPE 1の応力状況： 主桁および床版の奥行きをパラメータとして解析を行った結果、有効奥行きは8.0cmとなる。補強されたモデルにおいては、すべての応力が著しく下がっている。

TYPE 2の応力状況： 有効奥行きは、TYPE 1と同様、8.0cmとなる。補強後の応力低下率は、CASE 1で35%、CASE 2で70%、CASE 3で65%と3次元解析にくらべ著しい低下を示している。しかし、応力の方向は、補強後も3次元解析と似かよっており、補強法の有効性の順も一致している。

TYPE 3の応力状況： TYPE 2とまったく同様の結果となる。

2) 2次元モデル化における問題点 上のバネを使った2次元モデルを用いて、補強法の有効性の順を3次元解析と一致させ得たが、実際問題への適用は困難であると考えられる。1例を示してその理由を明らかにする。TYPE 3のモデルを用いて、CASE 1～CASE 3の各種補強モデルにおいて、有効奥行きおよび分担荷重を明らかにすると次のようになる。

CASE 1の場合： 有効奥行きは、4.0cmとなり、分担荷重は補強がない場合の1.5倍となる。

CASE 2の場合： 有効奥行きは、10.0cmとなり、分担荷重は補強がない場合の2.8倍となる。

CASE 3の場合： 有効奥行きは、10.0cmとなり、分担荷重は補強がない場合の2.8倍となる。

このように補強後のモデルにおいて、主桁の有効奥行きや分担荷重は変化しており、3次元体の2次元モデル化は困難となる。

4. あとがき 以上の数値実験より、次のような結果が得られた。

- ① スカーラップ周辺では明らかに応力集中が発生しており、その応力低減のためには3種類の対策のうちウェブ背面にスティフナを付加するものが最適である。
- ② 2次元解析においては、モデル化や境界条件に細心の注意をはらわなければ、実際の構造物の特性とかけ離れたものを解くことになる。
- ③ バネを用いて2次元モデルの作成を試みたが、有効奥行きや分担荷重、バネ定数などの非線形的絡み合いからモデルを確立することはできなかった。以上のことより、現時点においては、3次元連結部など複雑な部分の応力解析を行う場合には、3次元解析を用いる必要がある。

<参考文献> 1) 岡田清, "橋梁その他構造物の損傷事例集", 山海堂, 月刊土木施工, vol.27, No.9, 1986-6

2) 鷲津久一郎他, "有限要素法ハンドブック I 基礎編", 培風館, p.185-327, 1982-2