

首都高速道路公社 正員 平林泰明
 正員 大塚研夫
 (株)日本橋梁建設協会 役員 保之

1. まえがき 近年長大橋の建設が盛んであるが、これらの長大橋の中には主桁あるいは補剛桁を二層構造にして橋の有効利用を図っている例も少なくない。二層構造を有する長大橋の桁は通常トラス構造となるが、一方、橋梁の多目的利用という観点からライフライン等が添加されることがあり、二層構造を有する長大橋に添加物があると、種々の制約条件から桁が箱断面をもつ複合トラスという特異な構造になることがある。このような構造の力学特性は、橋部材のみのトラス構造の力学特性とも、通常の箱桁の力学特性とも異なると考えられ、外力により生ずる桁の曲げ、軸力をそれぞれ箱断面部、トラス断面部でいかに分担するか、トラス部材に生じている軸力が箱断面部にどのように伝わるか、箱断面部に生じている曲げは格点部を通してトラス部材にどのような影響を与えるか等の解明されべき問題がある。そこで本報告では、上路に箱断面をもつ複合トラス構造の立体FEM解析および模型載荷実験を行い、その基本的な力学特性を明らかにして、このような構造を設計する際に必要となる上路箱断面の有効幅に関する若干の考察を行う。

2. 解析モデル 検討対象とした構造は、図1に示すようなトラス工強材を腹板(主構)とする箱断面をもつ複合トラス構造であり、トラスは長さ方向に4パネルを有する。立体FEM解析モデルは上路箱断面部は板要素、トラス部材は曲げ剛性の高い梁要素をそれぞれ用い、438要素408節点である。載荷位置は、本報告ではこの構造の特異性が顕著であると考えられる図1中に矢印で示したトラス格点中央部の主構面上にのみ限定し、載荷荷重は鉛直下向に1主構面当り98kNとした。また立体FEM解析に対応した模型載荷実験および通常構造物の設計に用いられる平面骨組解析も行った。

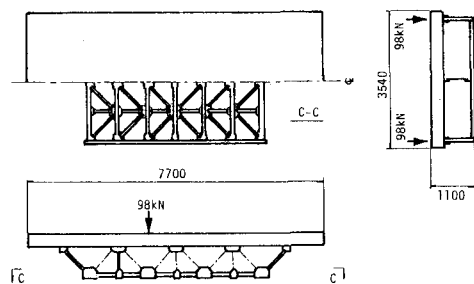


図1 解析モデル

3. 結果および考察 図2に箱断面フランジの応力分布をFEM

解析と実験結果とを曲げ応力と軸応力とに分離して示す。図中の()内の数値はFEM解析結果から求めて有効幅で、幅方向に応力分布を積分し、主構面上の応力を除いた値の百分率である。これらの結果から考察すると、いわゆる単純な有効幅の考え方では局部応力がとらえられない特異な応力分布が表われている。すなわち主構面上での応力が、箱断面幅方向の中央部の応力より小さく、有効幅が、100%を越えたり、極端な場合には負の有効幅になったりする部分

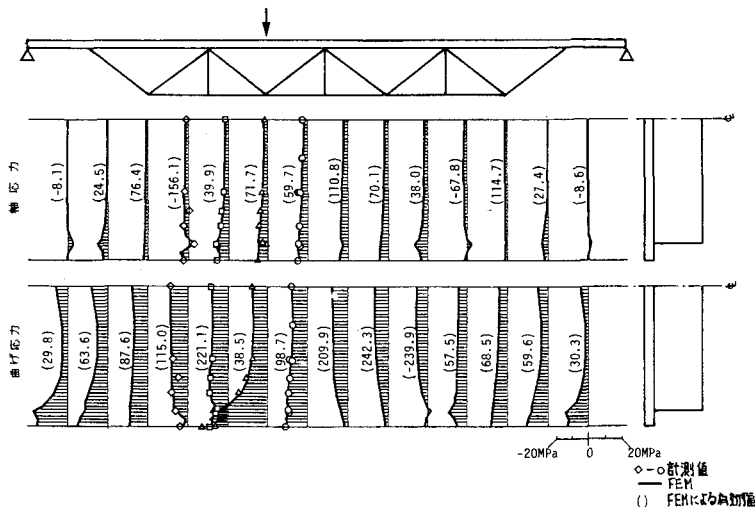


図2 箱断面フランジの応力分布

がある。同様の傾向を示す応力分布が実験結果からも観察される。この原因としては、トラス部材による橋点部断面力の乱れが考えられる。つまりこのような複合構造では、外力に対して箱断面部ばかりではなくトラス断面部にも力が伝わる。従ってトラス部材にも軸力が発生し箱断面部とトラス部材の結合点で箱断面フランジの応力分布がトラス部材の軸力の影響を受けて、通常の箱桁のフランジとは異なる応力分布が表われるものと思われる。以上の現象考察に基づき、設計的にこれらを解明できる設計法について以下に考察する。

4. 箱断面の有初幅に関する考察 一般的な設計法は、構造を骨組として解き、得られた断面力から有初幅の考え方を導入して最大応力を求めて板厚を決定する。以下に示す手法によって有初幅の概念をこの複合構造に適用し、主橋面上の応力分布を求めることを試みた。平面骨組解析から求める上路箱断面の断面力の分布と軸力、曲げモーメントに分けて図3の裏線に示す。図3の作用断面力とそれぞれの性格に応じてとらえ、それぞれに対応した有初幅によって応力を求めてそれらの結果を合わせて、本複合構造の外力に対する上路箱桁の分布を求める。(以下この方法を慣用計算法と呼ぶ。)断面の分離およびそれに対する有初幅の取り方は以下の通りである。

軸力：図3に示す軸力分布と、一点鎖線で示す軸力(仮に全体系軸力と呼ぶ)と残りの軸力である橋点位置で段階的に変化する軸力(仮に橋点軸力と呼ぶ)とに分離し、橋点軸力に対しては主橋部分のみ有初断面、全体系軸力に対しては全体系軸力分布図の符合変化点間を区間長として道示8.3.4を適用して有初幅を求める。

曲げモーメント：図3に示す曲げモーメント分布と、一点鎖線で示す曲げモーメント(仮に全体系曲げモーメントと呼ぶ)と上路箱断面部の曲げモーメントと全体系曲げモーメントの差である曲げモーメント(仮に局部的曲げモーメントと呼ぶ)とに分離する。有初幅の計算は全て道示8.3.4で行うが、等価区間長を全体系曲げモーメントに対しては全体系曲げモーメント図の符合変化点間ととり、局部的曲げモーメントに対してはトラス橋点間と区間とする連続桁として扱う。

以上の方法で主橋面上の応力を求め、これを図4にFEM解析、実験結果と比較して示す。この図より、この慣用計算法により求めた結果はFEM解析、実験値に対して近似的な解を与えており、慣用計算法が本複合構造に適用できると考えられる。ただし、図2からわかるように箱断面フランジの幅方向中央部の応力が主橋面上の応力より大きいことがあるので、設計的には注意が必要である。

5. あとがき 以上の解析実験より、上路箱断面をもつ複合トラスの力学的特性の一端が明かになり、箱断面部の特異な応力分布も確認できたが、慣用計算法を用いれば薄組構造解析でも設計が可能であると思われる。今回の解析モデルは、橋梁構造としては極く一部をモデル化したものであり、この限界を越えるものではない。また、荷重も鉛直荷重にのみ限ったが、それらによりおよび橋荷重に対する検討も必要であらう。

参考文献

1) 六甲下橋；三菱重工技報Vol. 14 No. 3
2) 本四連絡橋鋼上部構造に関する調査研究報告書、別冊う橋石島岩島斜張橋に関する検討

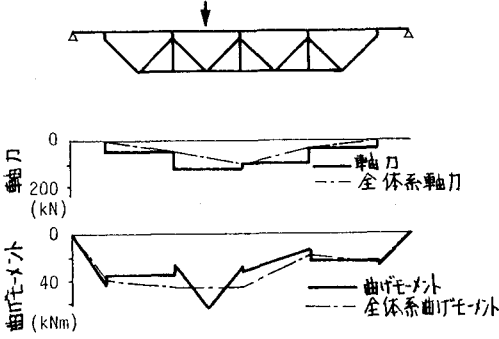


図3 断面力分布

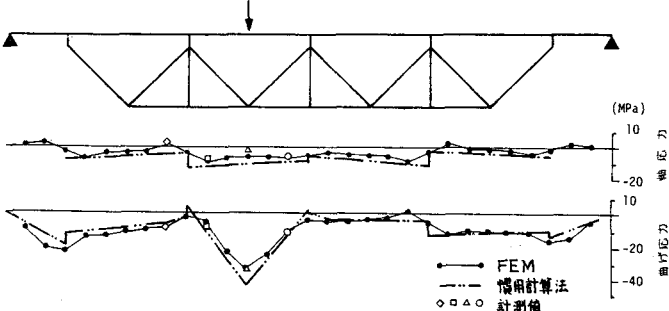


図4 主橋面上の応力分布