

構造解析係数に及ぼす橋梁構造の影響

芝浦工業大学 学生会員 ○副島 飛宙
 芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾

1. はじめに

疲労設計の際には、構造解析手法の不確実性を考慮した補正係数である構造解析係数を変動応力にかけた応力を用いて応力照査を行う。一般に、コンクリート床版を有する鋼桁橋の主桁の構造解析係数は、格子解析を用いた場合 0.8 が用いられる。しかし橋梁構造の違いの具体的な影響や、横桁の構造解析係数については解明されていない。そこで本研究では、橋梁構造の違いが主桁及び横桁の構造解析係数や、多くの疲労損傷が報告されている主桁と横桁取り合い部にどのような影響を及ぼすのか解析的に検討した。

2. 解析条件

構造解析係数は実応答/設計値で表わされる。本研究では非合成単純 4 主桁鋼 I 桁橋を対象に、広く設計で用いられている格子解析を、汎用有限要素解析ソフト MSC.Marc を用いて梁要素で作成した beam モデルで表現し、実応答として、図-1 に示す solid 要素(対傾構は shell 要素)で作成した全橋モデルを用いて solid モデル/beam モデルを構造解析係数として検討を行った。境界条件は単純梁とし、solid モデルの固定支承側は、図-1 のように各主桁下フランジに、1 節点ずつ橋軸方向と橋直方向を固定し、鉛直方向は下フランジ下面橋直方向線を固定した。

検討対象は主桁及び横桁とし、それらの下フランジ長手方向応力から構造解析係数の検討を行った。また、橋梁構造を表-1 のように変化させ、構造別に構造解析係数を比較するとともに、実際に疲労損傷が発生する主桁と横桁の取合い部において、4mm-10mm ホットスポット応力を用いて局部応力について検討した。なお、非合成、合成橋梁ともに床版と桁が一体として挙動するため、どちらも同じ solid モデルを用いた。

荷重載荷位置を図-2 に示す。実橋梁では主桁間にかかることもあり、疲労設計では T 荷重を用いることから 4 パターンとした。

図-3 に solid モデルと beam モデルから得られた横桁応力分布図の一例を示す。応力集中部は外挿し、横桁では実際に疲労損傷が発生する主桁 G2 と横桁取り合い部に着目し、下フランジの下面から構造解析係数を算出した。また、主桁は発生応力が最大となる支間中央に着目し、下フランジ下面のウェブ直下位置から構造解析係数を算出した。

まず、図-4 のように荷重載荷位置の違いによる構造解析係数について検討した結果、主桁及び横桁とも荷重の載荷位置で構造解析係数が異なる結果となった。なお本研究では桁直上載荷を採用した。

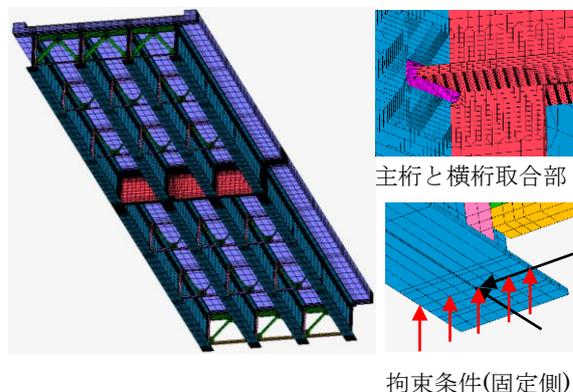


図-1 全橋 FEM solid モデル

表-1 橋梁構造パラメータ

主桁本数	3	4	5	6
支間長(mm)	22600	34000	45400	
床版厚(mm)	200	220	250	
床版弾性係数(MPa)	25000	28000	33000	
主桁高(mm)	1700	1800	1900	
横桁高(mm)	1085.6	1246	1420	
主桁間隔(mm)	2400	3500		
中桁・外桁曲げ剛性比	1	1.08		
床版合成	非合成	合成		

■ : 基本モデル

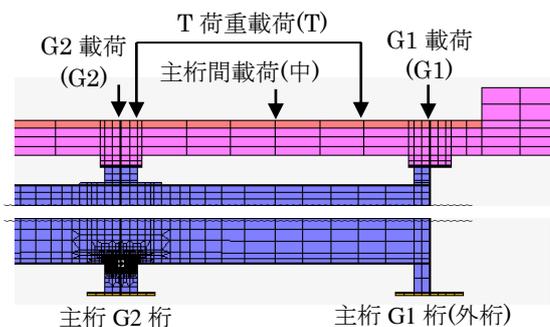


図-2 荷重載荷位置

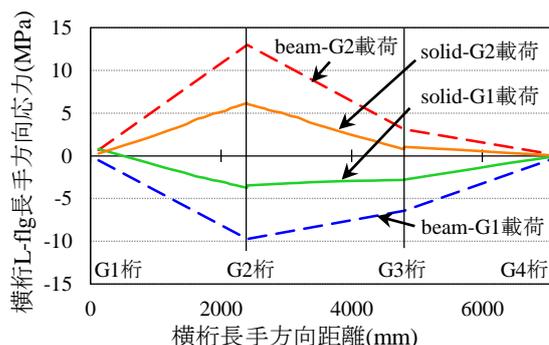


図-3 solid モデルと beam モデルの比較

3. 構造解析係数からみた橋梁構造別疲労要因

3-1. 主桁

主桁は、桁と床版の合成構造の違いと主桁本数の違いにより構造解析係数に大きな差がみられた。

図-5 に非合成と合成橋梁の主桁構造解析係数を床版厚で整理したものを示す。床版厚による構造解析係数の変化は見られないものの、非合成橋梁に比べ合成橋梁の構造解析係数が 0.2 以上大きくなり、設計で用いられる 0.8 を上回るものもあった。

次に、図-6 に合成橋梁の G1 桁(外桁)と G2 桁(中桁)の構造解析係数を主桁本数で整理したグラフを示す。両者とも 0.5~0.7 程度の範囲にあり、主桁本数が増えるにつれ構造解析係数が小さくなるが、外桁である G1 桁の G1 荷のみ大きくなる結果となった。

3-2. 横桁

(1). 構造解析係数の検討

横桁は床版剛性と横桁剛性の違いにより構造解析係数に変化が見られた。図-7 に非合成橋梁の横桁の構造解析係数を、床版と横桁の橋軸方向周りの断面二次モーメントを横桁の断面二次モーメントで割ったもので整理したものを示す。なお、床版の橋軸方向有効幅は橋直方向の有効幅と同様とした。図より、0.5~0.3 程度の範囲で分布しつつどのケースも最大で 0.15 程度の差が見られ、横桁に対し床版の剛性が大きくなるほど構造解析係数は小さくなる結果となった。例えば床版厚を 50mm 薄くすると構造解析係数は 0.06 程度小さくなる結果となった。設計では橋軸直角方向の変形に対して床版剛性が考慮されていないことが原因と考えられる。

(2). 局部応力の検討

本研究では主桁と横桁取り合い部の横桁側のこぼ面と下フランジ下面の溶接止端部に着目して局部応力について検討した。図-8 にホットスポット応力から算出した構造解析係数を横桁高で整理したグラフを一例として示す。下フランジ下面は 3-2-(1)で検討したものと同程度の 0.4~0.5 前後で推移しているものの、こぼ面では荷重位置で大きく異なり、G2 荷時には 0.8 を超えるものもあった。こぼ面では下フランジ中央部よりも高い応力が発生しており、G2 荷時には取り合い部の主桁ウェブ、横桁下フランジともに引張となり、主桁ウェブの応力が横桁下フランジに流れ込んでこぼ面の応力が増加するのに対し、G1 荷時には横桁下フランジが圧縮のためこぼ面の応力が低下することが原因であり、主桁ウェブ側でも同様の傾向が見られた。

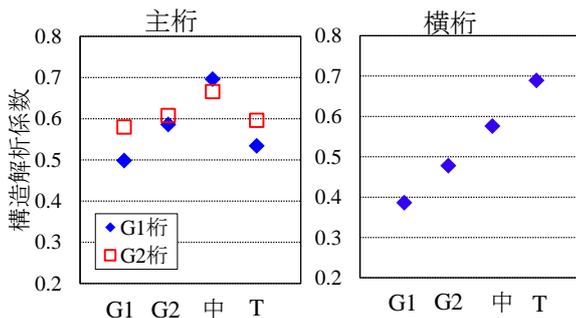


図-4 荷重位置の違いと構造解析係数(基本モデル)

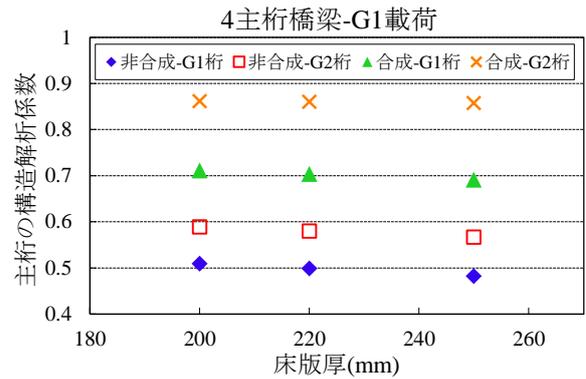


図-5 非合成橋梁と合成橋梁の比較

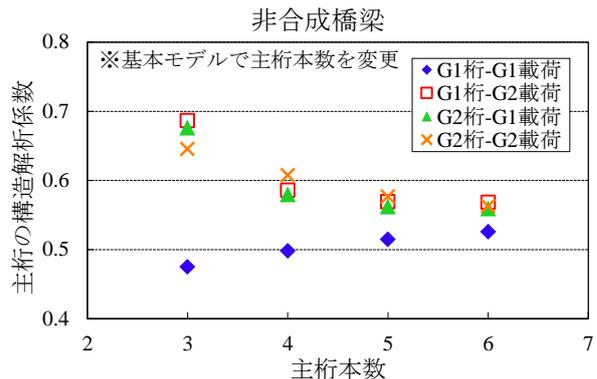


図-6 主桁本数の違いによる主桁の検討

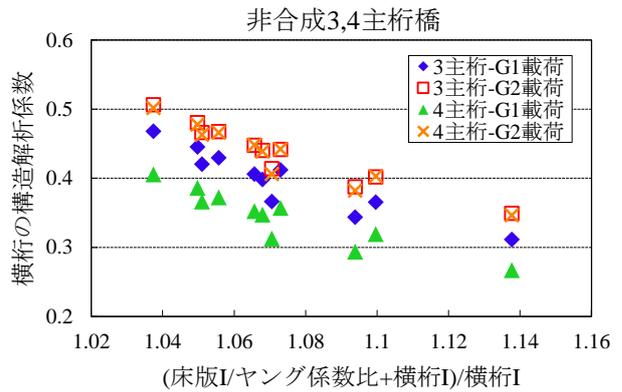


図-7 床版剛性と横桁剛性の関係

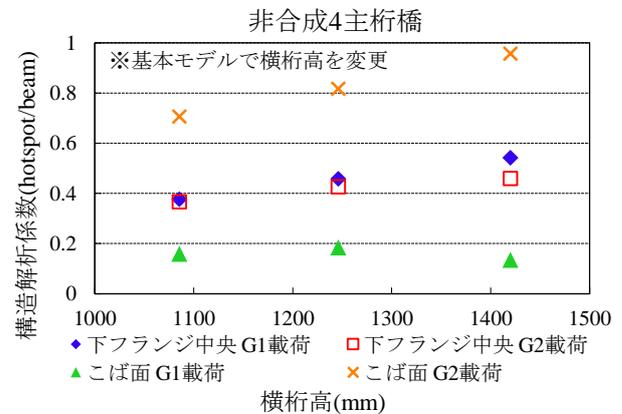


図-8 4mm-10mm ホットスポット応力

4. まとめ

主桁は桁本数と、合成、非合成の差異により構造解析係数に差が見られ、横桁では床版と横桁の剛性比により変化する結果となった。今後は荷重の荷重位置の違いについてより検討する必要があると考える。