

I-276

I型並列桁橋の有限要素モデルに関する検討

足利工業大学 正員 黒田充紀 長岡技術科学大学 正員 長井正嗣
 東京大学 正員 藤野陽三 首都高速道路公団 正員 柄川伸一
 川崎製鉄 正員 川井 豊

1. まえがき

本研究に続く一連の研究の目的は、耐疲労性に富む桁橋の簡易な構造システムを見いだすことにある。電子計算機を用いたパラメトリック解析はこの種の問題を解決するための最も有力かつ唯一の手段と考えて良い。I型並列桁橋の疲労損傷問題を解決することを目的として、これまでに様々な有限要素法を用いた数値解析が行われているが、系統的に実施された例は少ない。鋼橋の多くの疲労損傷には2次部材の力が大きく関係している。したがって2次部材の部材力を正確に予測でき、かつパラメータ解析を行うにあたって現実的な規模の解析モデルを開発する必要がある。本研究では、変形および各部材力をより簡易にそして適切に予測可能な数値解析用モデルを次のようなステップで検討した。(1) 計算機の容量が許す範囲で最大限精密な橋梁全体モデルを作成し、この数値解を参照解とする。(2) いくつかの概念で簡易化した簡易モデルを作成し、(1)の参照解と比較して、その妥当性を検討する。最終的に一つのモデルに絞り込んでこれをパラメトリック解析用モデルの最有力候補とする。

2. 解析対象とそのモデル化

2.1 解析対象 計算環境の制約から、小規模橋梁を対象とした。橋梁は支間39m、幅員7.3mの3主桁並列橋である。支間中央に荷重分配横桁が配置されている。

2.2 計算環境 スーパーコンピュータVP-2200上で汎用有限要素コードMARC-K4, K5を用いる。

2.3 解析モデル 表-1に解析モデルをまとめて示す。モデルはR-A, S-Aなどの記号で表す。Rは参照解用モデルであり、鋼部材はすべてシェル要素を用いる。Sは簡易モデルであり、対傾構などの2次部材は棒要素に置き換える。RおよびSの両モデルとも床版には20節点立体要素を用いる。-A, -B, -Cは、次に示すモデル化のレベルを表す。

A: L形鋼とガセットプレートの材軸の偏心、重ね継手の板厚による偏心などを考慮に入れたモデル。

B: Aにおける重ね継手の板厚による偏心を省略したモデル。

C: 部材取り付け部の偏心を一切考慮しないモデル。

2.3.1 参照解用詳細モデル

(1) モデルR-A 本モデルによる数値解を参照解と(すなわち真の解と仮定)する。このR-Aでは、隅肉溶接による重ね継手部の板厚中心の偏心および1面摩擦のボルト接合による偏心の影響をも考慮する。ボルトは剛棒でモデル化し、隅肉溶接部はのど厚に相当する板を配置して、実橋通りに板を板厚分だけ偏心させる。このようなモデル化を全橋に対して行くと、30万自由度を上回る規模となり用意した計算機環境では実行不可能である。そこで、2つの1/2橋モデルを考えた。すなわち、幅員方向1/2モデルと橋軸方向1/2モデルである。後者の境界条件は、支間中央の断面で橋軸方向の変位を拘束し、支承部はピン支点とした。これは実際の橋梁と異なるが、計算機環境の制約からやむを得ず採った方策である。図-1に橋軸方向1/2モデルの要素分割を示す(見やすさのため、床版は分離して示した。)

(2) モデルR-B これは、R-Aでなされた分配横桁部、対傾構部、横構部の重ね継手の板厚の偏心のみを省略したモデルである。すなわち、実際には板が重なっている部分であっても、それらが同一平面にあるとみなしてモデル化している。分配横桁取り付け部のボルト接合もモデル化しない。

2.3.2 簡易モデル

(1) モデルS-A 対傾構、横構はすべて断面積と断面2次モーメントを一致させた棒要素でモデル化する。ガセットも梁要素に置き換える。例えば対傾構取り付け部は図-2(a)のようにモデル化する。実橋の対傾構部の斜材はL形鋼なので、その断面の重心は取り付けガセット面から偏心している。図-2(b)のように剛棒を張り出してこの材軸の偏心を考慮する。すなわち、R-Aの2次部材を棒要素に置き

表-1 解析モデル一覧

Model	Type	Boundary Conditions	Sway and lateral bracing members
R-A	1/2Width	Pin-Roller	8-nodes shell
	1/2Span	Pin-Pin	8-nodes shell
R-B	1/2Width	Pin-Roller	8-nodes shell
	1/2Span	Pin-Pin	8-nodes shell
S-A	1/2Width	Pin-Roller	Bar
	1/2Span	Pin-Pin	Bar
S-C	1/2Width	Pin-Roller	Bar
	1/2Span	Pin-Pin	Bar

換えたモデルである。床版の分割も簡易化した。この簡易モデルは総自由度が詳細モデルの1/4程度であり、用意した計算環境で全橋を解析可能である。しかし、実際の計算では、詳細モデルと対応づけるために便宜的に1/2モデルを考え、幅員方向1/2モデルと橋軸方向1/2モデルの2つを用意した。

（2）モデルS-C S-Aにおいて材軸の偏心を省略したモデルである。すなわち、各部材の材軸の偏心を全く考慮しない簡便なモデルである（図-2(c)参照）。材軸の偏心が全く考慮されない。したがって、本モデルはR-Bと概念的には対応しない。その意味でS-BではなくあえてS-Cとしている。

2.4 荷重条件 単純な1点集中荷重（1.0tf）のみを考えた。荷重位置は、幅員方向1/2モデルでは、C4G2とC3G2の2ケース、橋軸方向1/2モデルでは、C4G2、C4G1の2ケースを設定した。

3. 解析結果

結果の例として幅員方向1/2モデルによるC3対傾構の部材の軸力を図-3に示す。荷重位置はC3G2である。モデルR-Aについては、軸力をkgf単位で示し、その他のモデルについては、R-Aとの比で示した。R-Bでは斜材で30～40%の差が生じている。これは隅肉および板の偏心の影響を無視したことの影響の大きさを端的に示している。対傾構部材を偏心を考慮して棒要素で簡易化したS-Aの場合、絶対値の小さい上弦材ではR-Aに対する相対誤差が大きい。斜材、下弦材ではほぼ30%程度以内の誤差である。偏心の影響を取り入れていないS-Cでは60%を超える誤差が斜材で発生している。すべてシェル要素でモデル化しているが重ね継手部の偏心量を考慮しないR-Bよりも、むしろ棒要素を用いたS-Aのほうが軸力予測の精度がよい。部材の偏心量を正確に考慮することの重要性が確認された。図-4は、橋軸方向1/2モデルによる横構の軸力である。荷重位置はC4G1である。R-AとS-Aとの差は20%程度である。その他の解析ケースについても、S-Aによる2次部材力とR-Aによるそれとの相対差はほぼ30%以内であった。長寿命橋梁の構造系の検討にはS-Aの考え方に基づいたモデルを使用することとした。

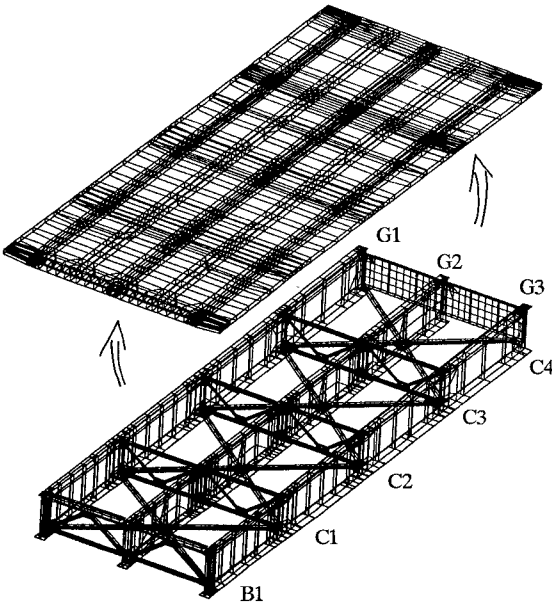


図-1 詳細有限要素モデルR-A（橋軸方向1/2モデル）

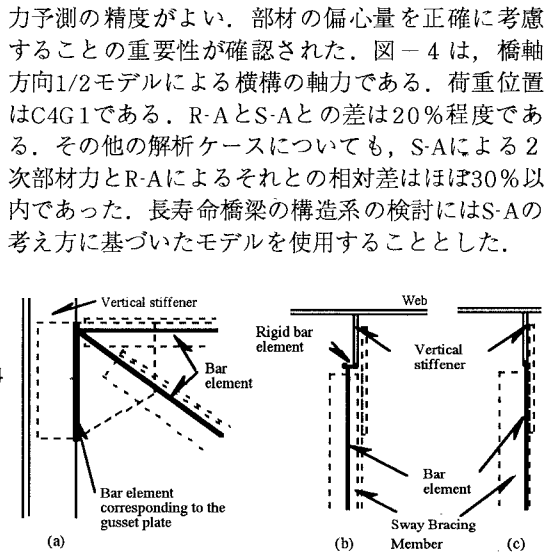


図-2 2次部材の簡易なモデル化

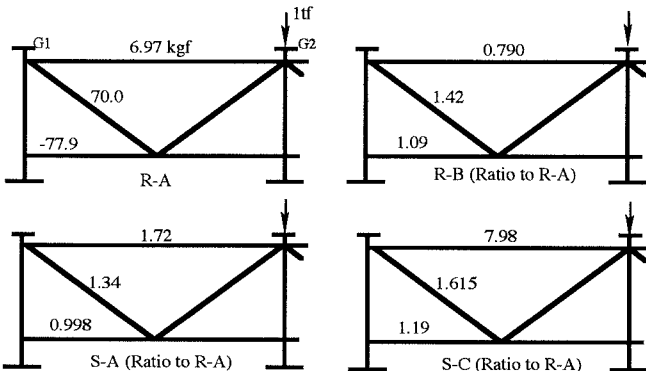


図-3 対傾構部材の軸力。荷重位置C3G2。幅員方向1/2モデル。

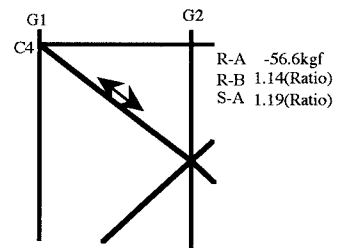


図-4 横構部材の軸力。荷重位置C4G1。橋軸方向1/2モデル。