

単純合成I桁橋における3次元FEM解析と格子解析との比較

長崎大学大学院 学生会員 ○田中寿和 長崎大学工学部 正 会 員 中村聖三
 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

1. はじめに

現在の鋼橋設計には、はり理論や格子桁理論に基づく格子解析を用いているが、近年コンピュータ技術の発展は著しく、多様な機能を備えた FEM 解析ソフトも数多く販売されており、FEM 解析を比較的容易に実施できる環境が整ってきた。

FEM 解析はメッシュ分割により得られる結果が変化するため、分割数の違いによりどの程度結果が変化するかを把握しなければならない。また、格子解析において確認する事のできなかった複雑な応力の流れを確認する事ができるため、これまで考慮されてこなかった応力集中が問題となる可能性がある。本研究では、FEM モデルの分割数の検討を行うとともに、格子解析結果との相違を明らかにする。

2. 対象橋梁

本研究では、土木研究所構内試験橋を対象とした。図-1 に一般図を示す。支間長 30m、幅員 7.8m の 4 主桁単純合成鋼桁橋（桁高 1.6m、主桁間隔 2.6m、床版厚 210mm）で、支間中央に荷重分配横桁、支間端部に端対傾構、橋軸方向に 5m 間隔で中間対傾構、下横構が配置されている。また本橋梁では過去に静的載荷実験が実施されている¹⁾。

3. 解析概要

FEM 解析には MSC-MARC2005 を、格子解析には任意形格子桁の計算プログラム Ver.4 (FORUM8 社製) を用いた。図-2 に FEM モデルの一例を、表-1 に使用材料と材料特性を示す。

FEM モデルでは、床版に 8 節点ソリッド要素、横構と対傾構の斜材にはり要素、その他の部材全てに 4 節点シェル要素を用い、分割数を変化させた FEM モデルを 4 ケース作成した。それらの橋軸方向分割数を表-2 に示す。支承条件は、両端それぞれヒンジ支点、ローラー支点とした。

格子解析モデルは対傾構取付部でのみ要素分割した。本橋の有効幅は全幅であり、それぞれの断面の剛性はコンクリート全断面を有効とし、ヤング係数比 $n=7.14$ として鋼断面に換算した。支承条件は両端ヒンジ支点とした。

載荷条件は、図-3 に示す 2 ケースとした。Case 1 は過去に実施された静的載荷実験に基づき¹⁾、支間中央部の G1 桁直上と幅員方向に 1860mm 離れた床版表面の 2 節点にそれぞれ 196.2kN (20t) の集中荷重を載荷するものであり、Case 2 は床版全面に等分布荷重 3.5kN/m^2 を全面載荷するものである。

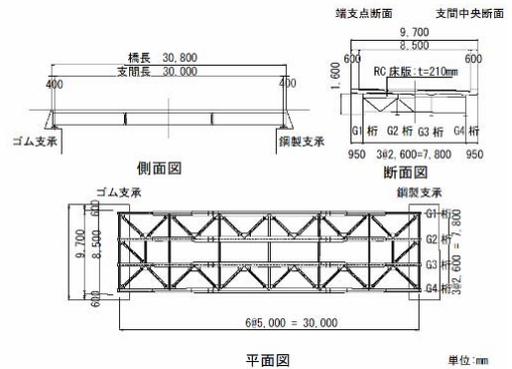


図-1 対象橋梁一般図

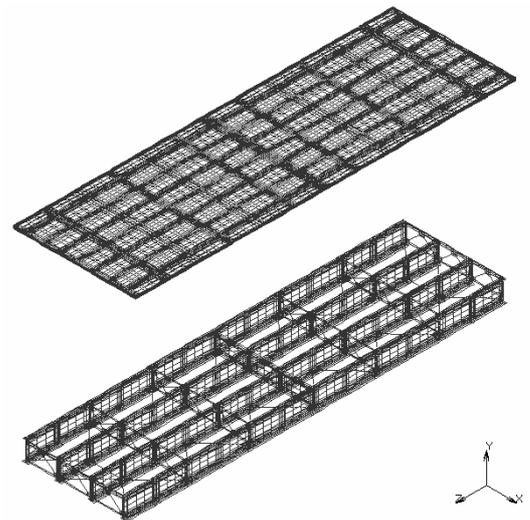


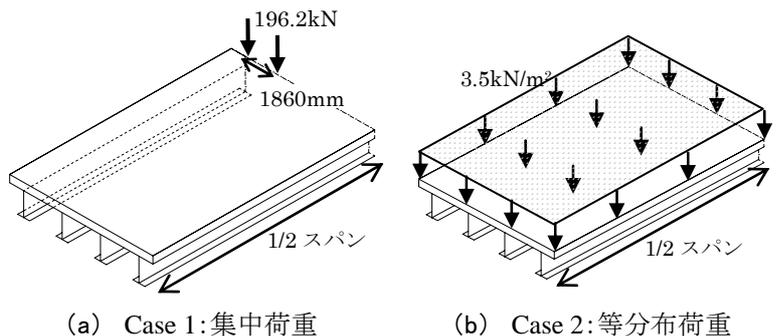
図-2 FEM モデル (Model 3)

表-1 使用材料と材料特性

使用材料	材料特性		
	ヤング係数 (N/mm^2)	せん断弾性係数 (N/mm^2)	ポアソン比
鋼材	200000	77000	0.3
コンクリート	28000	-	0.167

表-2 橋軸方向の分割数

モデル名	分割数	モデル名	分割数
Model 1	228	Model 3	94
Model 2	144	Model 4	45



(a) Case 1: 集中荷重 (b) Case 2: 等分布荷重
 図-3 載荷条件

4. 解析結果

4.1. メッシュ分割の影響

各主桁支間中央ウェブ直下における下フランジ下面の節点での応力を Model 1 を基準に各モデルで比較したものの (Case 1) を表-3 に示す。Case 1, Case 2 どちらのケースも全ての桁で差は 10% 以内に収まっていた。この結果から Model 4 程度の粗いメッシュでも十分な結果が得られると考えられる。

なお、正確な値がないため厳密な比較ではないが、文献 1) に示されていた実験結果と Case 1 の結果を比較することにより、本 FEM モデルは概ね妥当であることを検証している。

4.2. FEM 解析結果と格子解析結果との比較

FEM 解析結果と格子解析結果において、各主桁支間中央ウェブ直下における下フランジ下面の応力とたわみを比較する。Model 1 と格子解析の下フランジ下面の応力分布 (Case 1, 2), Model 1, 4 と格子解析のたわみ分布 (G1: Case 2) を図-4, 5, 6 に示す。橋軸方向距離は鋼製支承側からの距離とした。

まず、Case 1 の結果に着目すると、荷点近傍では全般的に格子解析の応力が大きかったが、荷点から離れるほど FEM 解析の応力が大きくなる傾向が見られ、応力分布についても図-4 のように荷点から離れた桁ほど格子解析とは異なった分布となった。たわみについても荷点から離れるほど格子解析の方が大きくなっていった。この原因としては、FEM 解析では床版、対傾構、横構などを忠実にモデル化しているため格子解析に比べ荷重分配効果が大きくなること、格子解析ではねじれに伴う 3 次元的な挙動が考慮できないことなどが考えられる。

次に Case 2 の結果に着目する。応力分布の比較を見てみると、格子解析より FEM 解析の方が 10%~20% 程度小さいものであった。内桁では外桁よりも格子解析との差が 3% 程度小さく得られた。たわみの比較をみると格子解析より FEM 解析の方が Model 4 で 5% 程度、それ以外のモデルで 10% 程度大きいたわみが得られた。これは、FEM 解析で格子解析では考慮されないウェブのせん断変形が影響しているのではないかと考えられる。

5. まとめ

以上のように、本橋梁では Model 4 程度の粗いメッシュ分割でも下フランジ下面の応力に対して十分な結果が得られるということが確認された。FEM 解析結果と格子解析結果の比較においては、下フランジ下面の応力は格子解析の方が大きく、たわみは FEM 解析の方が大きいという結果が得られた。今後、他の橋梁でも同様の解析を実施し、本解析と同様の結果が得られるかを確認するとともに、ガセット端部、補剛材などの局部にどの程度の応力集中が発生しているかを把握する必要があると考えている。

参考文献

- 1) 能勢和彦, 村越潤, 麓興一郎, 次村英毅, 見原理一: FEM 解析による鋼桁橋の損傷が応力, 変位に及ぼす影響に関する検討, 土木学会全国大会, 2005

表-3 下フランジ下面の応力の比較 (Case 1)

	Model 1	比	Model 2	比
G1 桁	43.62	1.00	42.95	0.98
G2 桁	34.91	1.00	33.55	0.96
G3 桁	21.08	1.00	19.58	0.93
G4 桁	10.04	1.00	9.85	0.98
	Model 3	比	Model 4	比
G1 桁	42.61	0.98	41.15	0.94
G2 桁	33.59	0.96	33.13	0.95
G3 桁	19.43	0.92	19.13	0.91
G4 桁	9.92	0.99	9.85	0.98

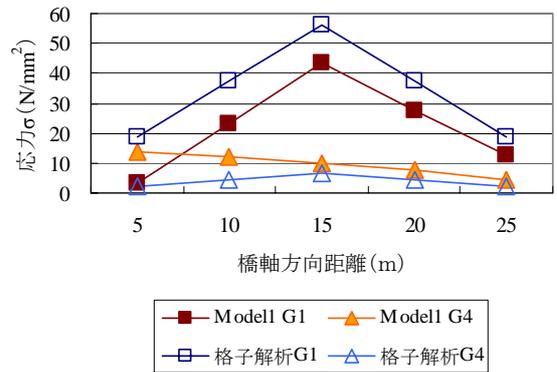


図-4 下フランジの応力分布の比較 (Case 1)

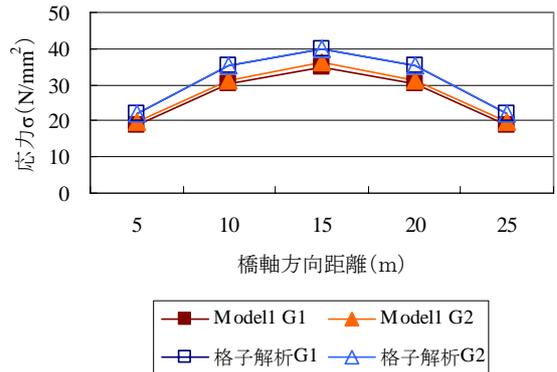


図-5 下フランジの応力分布の比較 (Case 2)

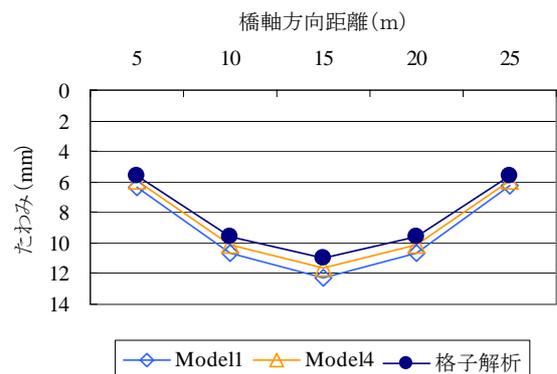


図-6 たわみ分布の比較 (G1: Case 2)