

合成床版橋における格子解析とFEM解析の解析結果の相違

長崎大学工学部 学生会員 岩切 匠 長崎大学工学部 正 会 員 中村 聖三
 長崎大学大学院 学生会員 森 圭司 長崎大学工学部 フェロー-会員 高橋 和雄

1. まえがき

鋼 - コンクリート合成床版橋は、桁下空間に厳しい制約がある場合や斜角のきつい場合などへの適用性から、採用実績が増加している構造形式である。近年、コンピュータやソフトウェアなどの機能の向上により、FEM解析を用いて複雑なモデルを対象とした解析をすることが可能となってきたが、合成床版橋の設計における構造計算では、計算コストや汎用性の高さから格子解析を用いるのが一般的である。しかしながら、格子解析が実構造の挙動を十分に表現できているかについては疑問が残る。そこで本研究では、床版の斜角の影響、幅員、境界条件等を解析パラメータとして格子解析と立体 FEM 解析を実施し、両者の結果における相違について検討する。

2. 対象とする構造

解析対象は、図 - 1 に示すような鋼桁断面にコンクリートを充填した合成床版橋であり、橋長を 20m、幅員を 5.2m とする。

3. 解析概要

格子解析、FEM 解析ともに、荷重条件は全面等分布荷重(1kN/m²)、支持条件は、鉛直バネ剛性値 2.56×10^5 kN/m のバネ支持とする。

3.1 格子解析

格子解析は任意形格子桁の計算プログラム Ver.4 (FORAM8 社製)を用いて実施した。格子解析における主桁の位置を図 - 2 に示す。格子の主桁は各主桁の腹板位置に配置した。横桁は 2m 間隔に、支承線と平行になるよう配置した。主桁・端部横桁・中央部横桁の断面定数を表 - 1 に示す。それぞれの断面定数はコンクリート全断面を有効として算出した。主桁の断面 2 次モーメントは腹板を中心に 0.87m 幅を対象として、コンクリート部分を鋼と置き換えて算出した。ねじり定数は、底鋼板を含めた幅員方向全断面を対象に鋼をコンクリートと考え、主桁本数で等分し主桁 1 本あたりのねじり定数を算出した。横桁の断面 2 次モーメントはそれぞれの分担幅を対象としコンクリート部分を鋼と置き換えて算出した。ねじり定数は、それぞれの分担幅を対象とし底鋼板を含む全断面をコンクリートと考え算出した。鋼の材料特性は、弾性係数を 200kN/mm²、せん断弾性係数を 77kN/mm²とした。

3.2 立体 FEM 解析

立体 FEM 解析は汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を用い、線形弾性解析として実施した。解析モデルの要素分割については、ウェブの高さ方向に 4 分割、フランジ幅方向に 4 分割、底鋼板の幅方向に 62 分割、橋軸方向には 40 分割とした。S1 側端部のメッシュ分割図を図 - 3 に、使用材料の材料特性、使用要素を表 - 2 に示す。

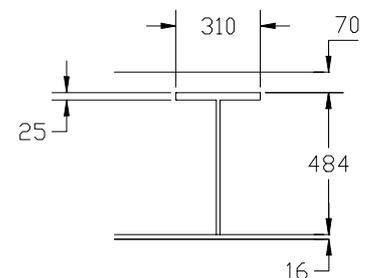


図 - 1 断面図

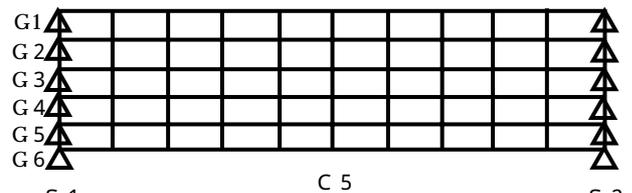


図 - 2 格子解析骨組図

表 - 1 格子解析における断面定数

主桁	断面2次モーメント (m ⁴)	0.00323727
	ねじり定数 (m ⁴)	0.00786800
端部横桁	断面2次モーメント (m ⁴)	0.00306226
	ねじり定数 (m ⁴)	0.00622700
中央部横桁	断面2次モーメント (m ⁴)	0.00612452
	ねじり定数 (m ⁴)	0.01600100

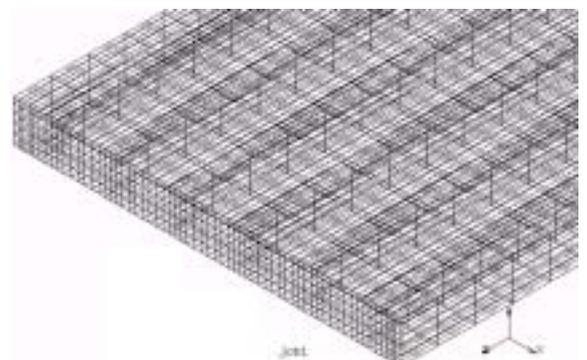


図 - 3 FEM 解析モデル

4. 解析結果

紙面の都合上，本文では斜角の影響をパラメータとした解析結果のみを示し，その他の場合については，講演当日示すこととする．

支間中央のたわみを図 - 4 に示す．直橋の場合はたわみ値の誤差が 4% 程度と比較的一致している．斜橋の場合は直橋と比較してたわみ値は減少しているが，格子解析結果は FEM 解析結果に対して 50% 程度の値となった．

S1 側の反力値を図 - 5 に示す．直橋の場合は，反力の分布や各支点での反力値は比較的一致した．斜橋の反力分布は，G6 桁の鈍角側に反力が集中し，鋭角側の G1 桁には負の反力が作用している．この反力の分布傾向は，格子解析と FEM 解析と同様であるが，反力値に着目すると負反力値は 7 倍，正反力値は 1.2 倍程度，格子解析が大きな数値となっている．

支間中央のコンクリート上部の橋軸方向直応力を図 - 6，T 形鋼上面の橋軸方向直応力を図 - 7，底鋼板下面の橋軸方向直応力を図 - 8 に示す．それぞれ直橋においては，誤差が G3・G4 桁上のコンクリート上面橋軸方向直応力で 7% 程度，T 形鋼上面・底鋼板下面の橋軸方向直応力で 3% 程度であり，良く一致している．斜橋においては，それぞれの分布形状は両解析で類似しているが，大きさについてはたわみと同様，格子解析は FEM 解析の 50% 程度となっている．

5. まとめ

本研究では，直橋と斜橋(斜角 45°)の FEM 解析と格子解析の結果を示した．たわみ・支点反力・橋軸方向直応力は直橋の場合には両者で比較的一致したが，斜橋においては一致せず，格子解析が FEM 解析に比べ過小評価する結果となった．一般には FEM 解析結果が実現象に近いと考えられるが，別途検討した結果によると，特に斜橋において要素分割等の解析条件の影響が大きく，格子解析と FEM 解析のいずれが実構造物の挙動を精度よく再現しているか，現時点では明確でない．また，格子解析についても，斜橋の場合，2 種類の横桁配置方法が考えられ，それにより解析結果が異なることが報告されている¹⁾．今後，実験結果との比較などを通して，FEM 解析の精度を検証するとともに，実現象にできるだけ近い結果を得るための格子解析方法について検討していく予定である．

参考文献

- 1) 今村晃久，毛利忠弘，角田與史雄：中空床版橋の設計用解析モデルに関する考察，構造工学論文集，Vol. 46A(2000 年 3 月)

表 - 2 使用材料の材料特性と使用要素

使用材料	材料特性		使用要素
	ヤング係数(N/mm ²)	ポアソン比	
鋼材(SM490Y)	200000	0.3	4節点厚肉シェル
コンクリート	28000	0.17	8節点3次元ソリッド

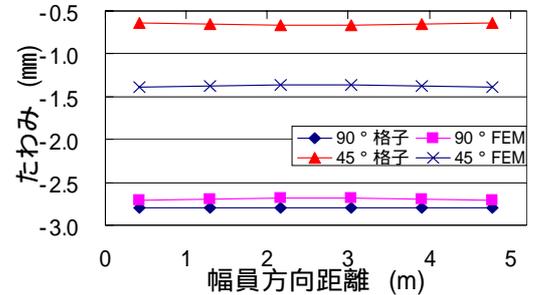


図 - 4 各モデル支間中央のたわみ

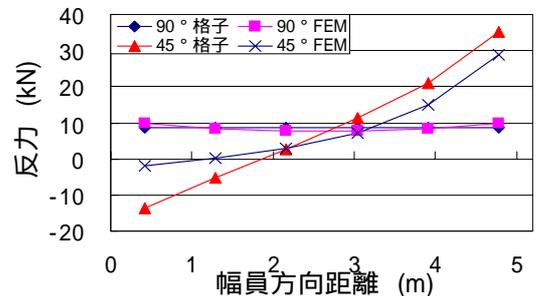


図 - 5 各モデル S1 側支点反力

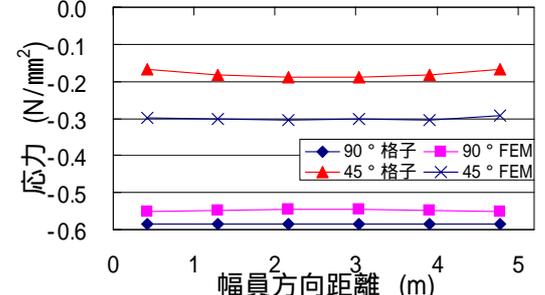


図 - 6 コンクリート橋軸方向直応力

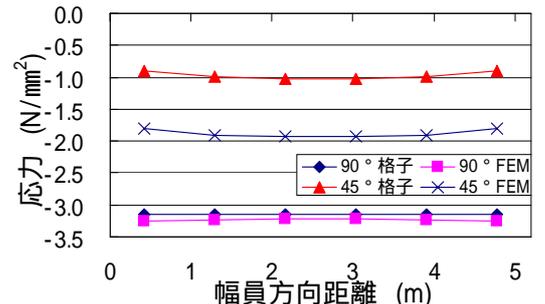


図 - 7 T 型鋼上面橋軸方向直応力

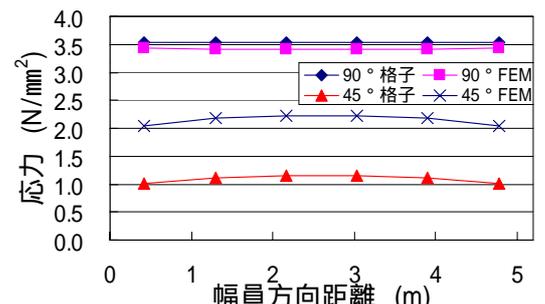


図 - 8 底鋼板下面橋軸方向直応力