

単純活荷重合成 I 桁橋における立体 FEM 解析と一般的設計解析の比較

千代田コンサルタント 正会員 ○ 鶴川美和子

九州工業大学 正会員 山口栄輝

九州工業大学 学生会員 山下健二

日本鉄塔工業 正会員 浅井慎一

1. はじめに

現在の合成桁の設計において荷重分配を考える際、合成前は分配横桁による分配効果を考慮せず¹⁾、簡略化した反力影響線から各主桁に作用する荷重を求める慣用計算法が用いられている。合成後は格子桁理論に基づき、主桁と荷重分配横桁による荷重分配として設計されている。実際の橋梁で作用する応力と設計応力に差があるとの報告もあり、こうした設計方法が実現象をどの程度反映しているか不明である。そこで、本研究では、合成桁の立体FEM解析を実施し、一般的設計解析の結果と比較検討する。

2. 解析概要

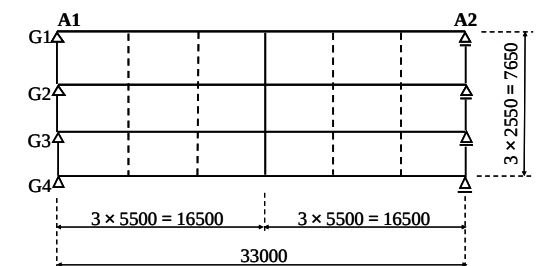
2.1 解析対象 図1に示すスパン 33m、有効幅員 8.5mの4主桁単純活荷重合成I桁橋を解析対象とする。斜橋は斜角 75°、60°の2橋を考える。合計3橋の橋梁はいずれもスパン中央に荷重分配横桁が1本配置されている。座標系は橋軸直角方向をX、橋軸方向をY、鉛直方向をZとする。支承の拘束条件はA1側がピン支承としてX、Y、Z方向の変位を拘束、Y、Z軸回りの回転を拘束、A2側はローラー支承としてX、Z方向の変位を拘束、Y、Z軸回りの回転を拘束とする。

2.2 合成前・合成後のモデル化 合成前のモデルでは、実際の荷重分配を再現するために、合板材と鋼製ビームからなる床版型枠をモデル化する(図2)。合成後は、図3のようにRCコンクリート床版をモデル化し、解析する。鋼材の弾性係数は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.3、コンクリートの弾性係数は $3.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.167、合板材の弾性係数は $7.0 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.4 とする。

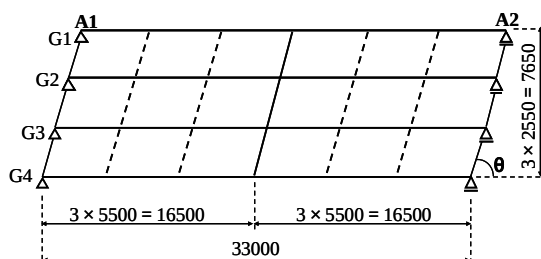
2.3 解析方法 ここでは、立体FEM解析(以下、FEM解析)と一般的な設計解析を行う。FEM解析にはNastran、設計解析にはJSP-4W合成桁の概略自動設計²⁾(以下、概略設計)を用いる。荷重としては死荷重のみを考慮するが、合成前死荷重(床版、ハンチ、鋼重、型枠)と合成後死荷重(舗装、地覆、防護柵、添加物、型枠撤去)に分けて対応するモデルに载荷する。解析結果は、合成前と合成後の合計量を示す。

キーワード 合成桁、斜角、立体 FEM 解析

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学工学部 TEL093-884-3110 FAX093-884-3100



(a) 直橋モデル



(b) 斜橋

図1. 解析対象橋梁モデル(単位:mm)

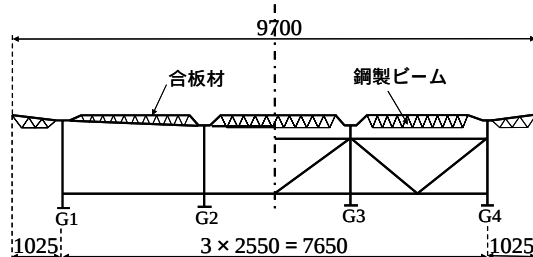


図2. 合成前横断面図(単位:mm)

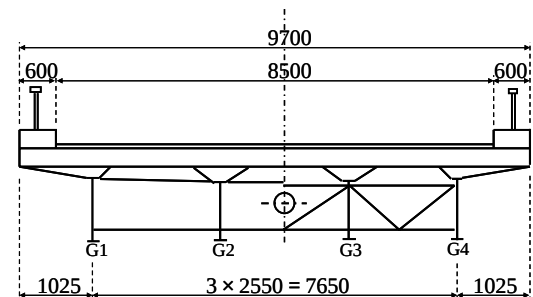


図3. 合成後横断面図(単位:mm)

3. 解析結果と考察

3.1 鉛直方向支点反力 FEM 解析で得られた鉛直方向支点反力を表 1 にまとめている。直橋では，G1 と G4，G2 と G3 で同じ反力が得られており，対称性を満たした結果となっている。一方，A1 と A2 の反力は概略設計では同じ大きさとなるものの，FEM 解析ではわずかに異なる結果となった。そこで，A1 と A2 の条件を等しくすべく，両端をピン支持として再度 FEM 解析を行った。その結果，A1 と A2 の支点反力の差はなくなり，支点の拘束条件が鉛直反力に影響を及ぼすことが理解される。また，斜橋では，支点反力に大きな差が生じており，床版形状の鈍角部分である A1 上の G1 桁支承と A2 上の G4 桁支承で大きな反力が認められる。この傾向は，斜角が小さくなるほど顕著になっている。

図 4，図 5 には，A1，A2 における鉛直方向支点反力の誤差を示している。ここで誤差とは，FEM 解析を正と仮定した上で概略設計の結果を評価したものである。直橋では，内桁で A1，A2 とともに -4% 程度の誤差，外桁では A1，A2 とともに 4% 程度の誤差を生じている。A1 では，斜角が付くほど G1 桁でマイナス側に誤差が増加，G4 桁ではプラス側に誤差が増加している。A2 では，内桁でプラス側に，G4 桁でマイナス側に誤差が増加している。斜角 60° の場合，20% を超える誤差も認められる。

3.2 橋軸方向直応力 図 6 は，スパン中央での下フランジの橋軸方向直応力の誤差を表している。ここでも誤差とは，FEM 解析を正と仮定した上で概略設計結果を評価したものである。この図より，斜角がつくほど，G1 桁ではプラス側で誤差が増加し，G4 桁に近づくにつれてマイナス側で誤差が増加する傾向が見られる。誤差の大きさは主桁間でかなりのバラツキがある。斜角 60° の G1 桁で最も大きな誤差が生じており，20% を超えている。

4. 結論

合成 I 桁橋の鉛直反力とスパン中央での橋軸方向直応力を概略設計と FEM 解析で算定した。両者の解析結果には明確な差があり，斜橋の場合により顕著となる傾向が認められた。

5. 参考文献

- 1) 社団法人 日本橋梁建設協会：合成桁の設計例と解説，1995 年
- 2) JSP-4W 合成桁の概略自動設計：JIP テクノサイエンス株式会社
- 3) 日本エムエスシー：MSC.NASTRAN for Windows ユーザーズガイド

表 1 .FEM 解析による鉛直方向支点反力[kN]

		直橋	斜角 75 度	斜角 60 度
G1	A1	433	474	524
	A2	434	417	422
G2	A1	404	403	398
	A2	402	377	324
G3	A1	404	399	394
	A2	402	390	343
G4	A1	433	398	357
	A2	434	490	584

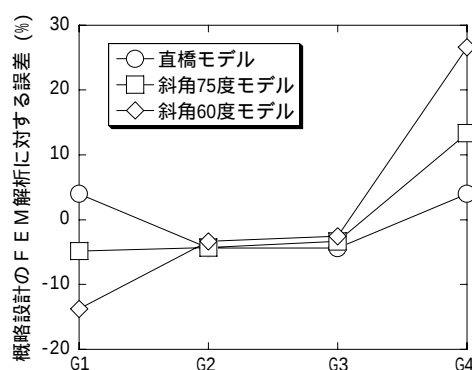


図 4 . A1 上での鉛直方向支点反力誤差

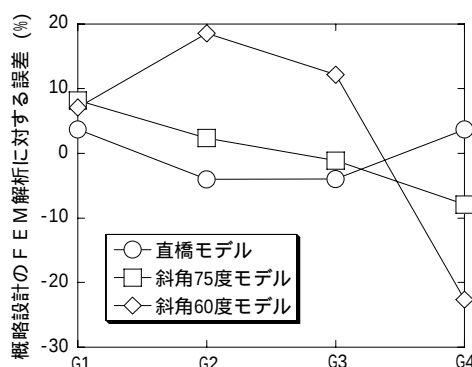


図 5 . A2 上での鉛直方向支点反力誤差

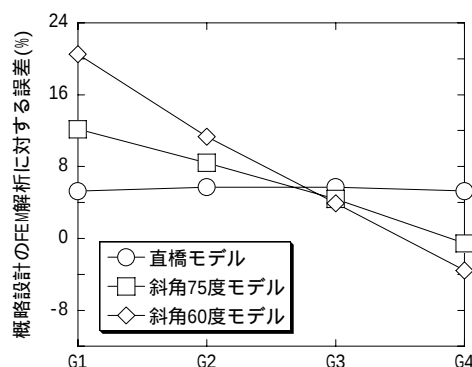


図 6 . 橋軸方向直応力誤差