

3次元 FEM 解析に基づく2連合成鋼鈹桁橋の静的挙動特性の検討

岩手大学工学部	学生会員	○南琢磨
東邦技研株式会社	正会員	山村浩一
岩手大学工学部	正会員	岩崎正二 出戸秀明
岩手大学大学院	学生会員	田中正徳

1. はじめに

著者等の実施した大型トラック車両を用いた実橋載荷試験の結果¹⁾から、下部工のわずかな変形が上部工に大きな影響を与えることが分かっている²⁾。そこで、本論文ではそれらの影響を明らかにするために対象橋梁である2連合成鋼鈹桁橋を、下部工を含めた2径間にわたるモデル化を行い、過去に実施した静的載荷試験を再現する解析を行った。FEM 解析結果を静的載荷試験の実測結果に近づける方法により最適モデルを作成し、支承が拘束状態にある2連合成鋼鈹桁橋の上部工と下部工の静的挙動特性を検討した。

2. 対象橋梁と FEM 解析の概要

対象橋梁である岩手県紫波町の下梅田橋は2連単純合成鋼鈹桁橋であり、橋長 57.00m、支間長 27.75m、幅員 5.00m、桁高 1.5m、3本主桁の二等橋(TL-14)である。本研究では、汎用 FEM 解析ツール ANSYS を用いて静的解析を行った。対象橋梁は図-1 に示すように対傾構・横構を Beam 要素、主桁・補剛材を Shell 要素、床版・支承・橋脚等を Solid 要素を用いて3次元でモデル化した。要素数は14303要素、節点数は18746点である。

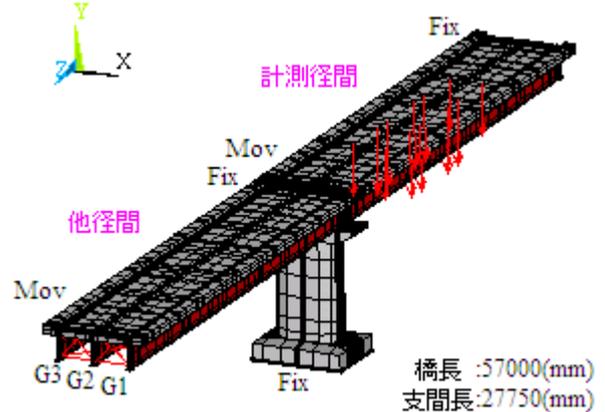


図-1 3次元 FEM 解析モデル

目視点検によると本橋梁の可動支承は錆等により機能不全状態にあり、固定支承に近い状態であった。したがって、橋台側の支承には、全並進方向に固定の境界条件を定義した。また、橋脚上の支承は Solid 要素でモデル化したため、ほぼ剛結状態となっている。地盤の影響を検討するため、橋脚のフーチング下面に地盤ばねを設置した場合と、全並進方向に固定の境界条件を定義した場合の2種類のモデルで比較検討したが、計算結果がより実測結果に近かったのは、後者のモデルであった。FEM 解析では、20tf トラック 2 台を計測径間の支間中央に載荷した場合について静的解析を行う。実橋の最適モデルを求めるために、鋼主桁のヤング係数 E_s を固定した状態 ($E_s=2.10 \times 10^{11} \text{N/m}^2$) で床版全体のヤング係数 E_c と橋脚全体のヤング係数 E_c' を変える方法を採用し、ヤング係数比をそれぞれ n 、 n' と表した。初期値は、 $E_c=2.00 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ ($n=10.5$)、 $E_c'=2.35 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ ($n'=8.9$) として、各支間中央の垂直変位と橋脚天端の水平変位が実測値に近づくように最適化を行った。

3. FEM 解析結果と考察

E_c と E_c' を変化させ、最適化を行った結果、 E_c と E_c' がそれぞれ $n=15$ 、 $n'=9.5$ の場合に実測値との相対誤差が最も小さくなり、実測値に近い結果が得られた。表-1 に示すように最適化後の計算値と実測値との相対誤差は、計測径間で約 7.3%程度、他径間で約 7.7%程度、橋脚で約 1.9%程度となった。支間中央の耳桁(G1 桁)に偏載荷した場合についても最適化を実施したが、G2 桁載荷の場合とほぼ同等の結果が得られた。

図-2、3 に、それぞれ2径間にわたる G1 桁の垂直変位と下フランジ下面の軸方向ひずみの分布図を示す。図中

表-1 各支間中央の垂直変位と橋脚天端の水平変位の相対誤差 (単位:mm)

	計測径間-垂直変位			他径間-垂直変位			橋脚-水平変位	
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1側天端	G3側天端
実測値	-6.198	-6.42	-6.283	1.255	1.275	1.245	0.782	0.806
初期値 $E_c(n=10.5), E_c'(n'=8.9)$	-5.163	-5.303	5.164	1.26	1.284	1.287	0.773	0.773
最適値 $E_c(n=15), E_c'(n'=9.5)$	-5.791	-5.942	-5.791	1.338	1.363	1.366	0.809	0.809
実測値と最適値との差	0.406	0.478	0.492	0.083	0.088	0.121	0.028	0.003
実測値との相対誤差	-6.56%	-7.45%	-7.83%	6.61%	6.90%	9.72%	3.52%	0.37%

では、実測値と初期条件による計算値、最適化後の計算値を比較している。図-3 に示すひずみ分布は n を変化させてもほとんど影響の出ないのに対し、図-2 に示す垂直変位は敏感に反応していることがわかる。 E_c だけ変化させると、 n が 1 増えるごとに計測径間の垂直変位は 0.08mm 程度増加した。

最適化により $n=15$ がより実測値を再現する結果となったが、本橋梁で行われた目視点検の結果、床版劣化はあまり見られず、 $n=15$ は大きすぎるように思われる。このような結果になった原因としては、現在のモデル化では橋脚上の支承を鋼の材料特性をもつ Solid 要素でモデル化しており、支承の回転機能が十分再現されていないことが考えられる。そこで、計測径間のみのモデルを作成し、支承の回転がある場合とない場合について支間中央にトラック 2 台載荷して検討を行った。図-4 では、支承下部全面を全並進方向に固定した場合(回転なし)と支承下部の中心一点だけを全並進方向に固定した場合(回転あり)を比較検討した。図-4 より、支間中央の垂直変位は支承の回転がある場合の方がない場合に比べて 0.2mm 程大きくなっている。前述したように n が 1 増えるごとに計測径間支間中央の垂直変位が 0.08mm 増えるということから、支承の回転を許した場合の計算結果は n を 2.5 程度下げることと同等になることがわかった。すなわち、より現実の挙動を再現できる支承のモデル化ができるなら、対象橋梁の E_c は $n=12.5$ 、 E_c' は $n'=9.5$ 程度であると推測される。従って、支承のモデル化は今後の検討課題と思われる。

4.まとめ

今回の解析の結果、下梅田橋では可動支承の水平移動が機能していないこと、RC 床版と橋脚の剛性が低下していることが明らかになった。また、2 連合成鋼鈹桁橋を FEM モデルで解析する際、下部工を含めたモデル化を行うことで、静的載荷試験の再現が可能となった。

参考文献

- 1) 平洋文, 岩崎正二, 出戸秀明, 吉田和子: 静的載荷試験に基づく 2 径間単純鋼鈹桁橋の静的特性評価, 土木学会東北支部技術研究発表会公演概要, I-47, 2007.3
- 2) 山村浩一, 岩崎正二, 出戸秀明, 五郎丸英博, 田中正徳: 既設 2 連鋼鈹桁橋の静的および動的特性に及ぼす下部工の影響について, 構造工学論文集 Vol.54A, 2008.3

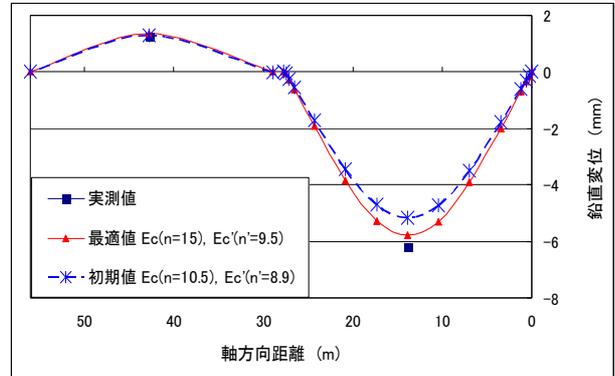


図-2 G1 桁の垂直変位分布図

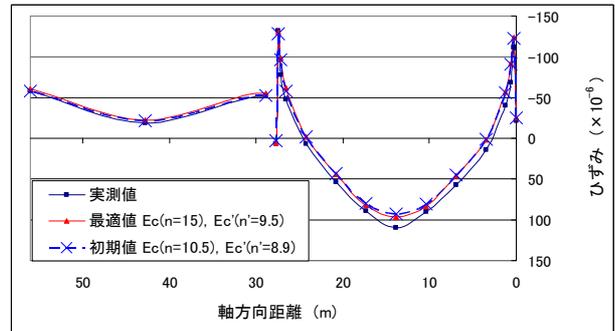


図-3 G1 桁下フランジ下面の軸方向ひずみ分布図

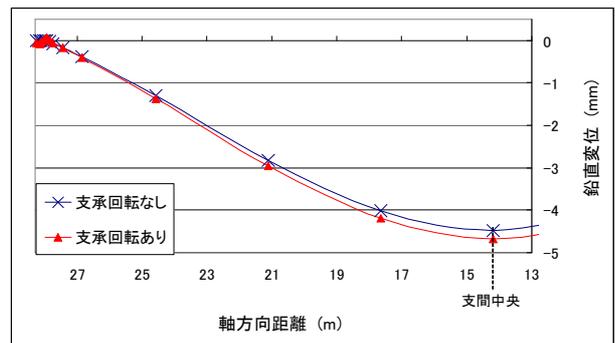


図-4 支承の回転の有無による垂直変位分布図