

斜角を有する鋼鉄道橋の設計に関する検討

日本大学 学生会員 菅野 允陽

日本大学 正会員 谷口 望

日本交通技術株式会社 正会員 植松 寛喜

日本交通技術株式会社 正会員 関根 賢一

1. 研究背景・目的

我が国では、鋼材の加工や施工技術の向上により、長スパン橋梁が容易に製作できるようになったため、斜角を有する鋼桁は新幹線構造物において原則的に採用されていない。しかし、都市部での新規路線の計画等では既存の鉄道や道路等の構造物回避のため、狭隘な区間での桁架替えでは用地に制限があり、止む無く斜角桁を採用する場合がある。

鋼鉄道橋の設計は「鉄道構造物設計標準・同解説（鋼・合成構造物編）」¹⁾に則るが、斜角桁については、60度以下の斜角を有する場合では詳細な確認を要する旨が記載されている。

本研究では、45度の斜角を有する床版付非合成桁に対して有限要素法(FEM)解析を行い、実設計に用いられることが多い格子解析ソフト(SPACER)と汎用線形&非線形構造解析システム(DIANA)の解析による違いや構造解析上の注意点などを明らかにすることによって、今後想定される構造物の設計の合理化に寄与することを目的とする。

2. 検討方法と鋼桁の詳細

本研究では、斜角45度の鋼鉄道橋のモデル事例(図-1)を解析する。格子解析で仮定剛度と実剛度が収束するまで解析を行い、最終的な主桁断面を用いて有限要素法解析で解析を行う。

斜角45度の鋼鉄道橋は、支間23500mm(構造物中心), 20250mm(下り線側), 26750mm(上り線側), 桁幅14000mm, 桁高2500mmの複線単純鋼箱桁である。また、下り線桁をG1桁、上り線桁をG2桁と割り当て、斜角桁側を起点(P1)、直桁側を終点(P2)と設定する。主桁には、中間補剛材、水平補剛材、ダイアフラムを設けている。

荷重は、鋼重、コンクリート床版、鋼製型枠などの合計9種類の死荷重と、列車荷重を旧新幹線荷重P-16で載荷する。格子解析では、列車荷重を移動荷重として解析を行うことが可能だが、有限要素法解析では、各主桁の最大曲げモーメント時の位置に載荷することで解析を行う。格子解析で解析を行う際に設定した節点番号と位置を図-2に示し、節点番号の位置で格子解析と有限要素法解析の解析結果を比較する。

3. 解析結果

格子解析と有限要素法解析の解析結果を表-1にまとめて示す。表-1内の全死荷重は、鋼重や制振材、コンクリート床版などの各死荷重を同時に載荷したことを示している。また、全死荷重に各主桁に列車荷重を載荷した場合をそれぞれ列車荷重上り線、列車荷重下り線と示し列車荷重を両主桁同時に載荷した場合を列車荷重複線と示している。鋼重や制振材、コンクリート床版などの全体的に載荷される荷重では、格子解析と有限要素法解析での差はないが、軌道荷重や地覆、防音壁など、線上に荷重を載荷している荷重では差が大きく見られる。

全死荷重ではG2よりG1の方の差が大きいことがわかる。列車荷重を各主桁に載荷した場合、全死荷重と比較し載荷されている方に変位が大きくなっていることが格子解析と有限要素法解析両方に見られる。また、G2桁では、格子解析の変位より有限要素法解析の変位の方が大きくなっている。列車荷重複線に載荷した場合も同様な結果が得られていることがわかる。

4. 考察

キーワード 斜角 格子解析 有限要素法解析 変位

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1

使用ソフトウェア:「JIP-SPACER」製作会社: JIP テクノサイエンス, Ver.4.75

「DIANA」製作会社: DIANA FEA 社, Ver.10.5

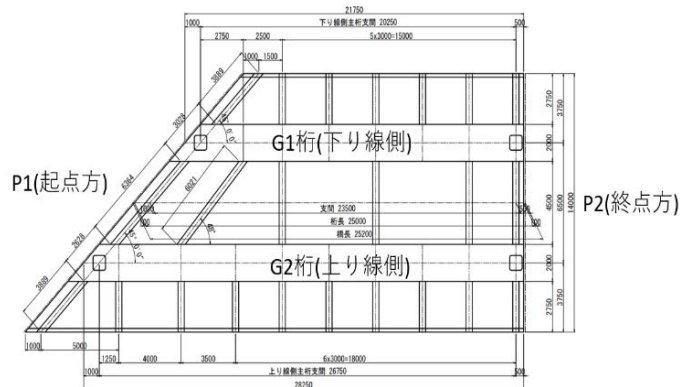
鋼重や制振材は、鋼材がある部分にしか載荷されないため、格子解析と有限要素法解析の結果に差が見られなかったと考えられる。コンクリート床版は、モデル全体に載荷しており、主桁側と耳桁側では荷重の大きさが異なっている。そのため、部材に応じた力となっているため、差が見られなかったと考えられる。鋼製型枠とバラストは、コンクリート床版と異なり、モデル全体に等分布荷重として載荷しているため、差が生じたのではないかと考えられる。地覆や防音壁、ケーブル類では、格子解析と有限要素法解析の変位に大きな差があることが確認でき、これは耳桁やブラケットに線荷重として載荷しているためであると考えられる。全死荷重を載荷した場合 G2 桁より G1 桁の方が格子解析と有限要素法解析での差が大きいことが確認でき、列車荷重を載荷した場合も同様な結果が得られていることがわかる。

5. まとめ

鋼重や制振材など部材にのみ載荷される荷重について、格子解析と有限要素法解析で解析結果に違いはないが、地覆や防音壁などブラケットや耳桁に載荷される場合は、格子解析と有限要素法解析で違いが見られることがわかった。これは、耳桁とブラケットが保持できず、力の分散が乱れたためであると考えられる。また、有限要素法解析では、格子解析に比べて G1 桁は浮き、G2 桁では沈むという傾向があることが確認できた。これは、G2 桁のスパンが長く、長い分荷重も多くかかるためだと考えられる。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所, 国土交通省鉄道局: 鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物), 丸善, pp.490, 2009.



圖一 1 斜角 45 度複線單純鋼箱桁平面圖(單位 mm)

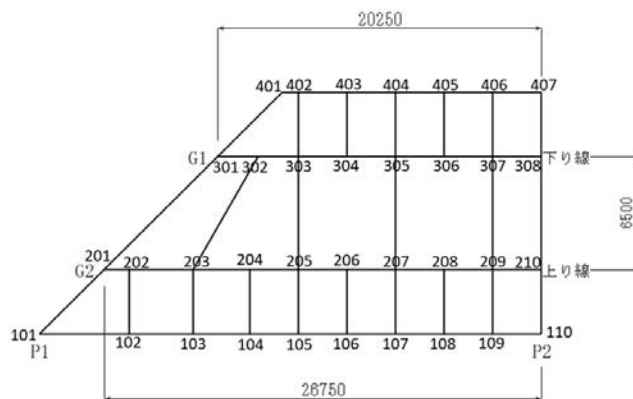


図-2 節点番号と位置

表-1 格子解析と有限要素法解析の変位比較(単位 mm)

	節点番号	鋼重						制振材						鉄筋コンクリート						鋼製型枠						軌道荷重						バラスト						地盤					
		変位			比			変位			比			変位			比			変位			比			変位			比			変位			比			変位			比		
		SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D									
G 2 桁 (上 り 線)	201	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1									
	202	-0.68	-0.62	1.09	-0.25	-0.25	1.00	-1.78	-2.08	0.85	-0.29	-0.25	1.14	-0.38	-0.09	1.96	-1.78	-1.5	1.19	-0.04	-0.4	0.10																					
	203	-2.63	-2.32	1.13	-0.96	-0.93	1.03	-7.16	-7.71	0.93	-1.19	-0.93	1.28	-0.7	-0.35	2.03	-7.28	-5.65	1.29	-0.2	-1.36	0.15																					
	204	-3.86	-3.4	1.14	-1.41	-1.36	1.04	-10.9	-11.3	0.96	-1.9	-1.35	1.41	-1.02	-0.51	2.01	-11.4	-8.3	1.37	-0.43	-1.94	0.22																					
	205	-4.42	-3.89	1.14	-1.61	-1.56	1.03	-12.8	-12.9	1.00	-2.32	-1.55	1.50	-1.18	-0.58	2.02	-13.7	-9.54	1.44	-0.6	-2.17	0.26																					
	206	-4.46	-3.93	1.14	-1.63	-1.58	1.03	-13.3	-13	1.02	-2.47	-1.56	1.58	-1.19	-0.59	2.02	-14.4	-9.65	1.49	-0.71	-2.16	0.33																					
	207	-3.98	-3.5	1.14	-1.46	-1.4	1.04	-12.1	-11.6	1.04	-2.31	-1.39	1.66	-1.07	-0.53	2.02	-13.3	-8.63	1.54	-0.71	-1.89	0.38																					
	208	-3	-2.65	1.13	-1.1	-1.06	1.04	-9.18	-8.73	1.05	-1.77	-1.04	1.70	-0.8	-0.4	2.02	-10.2	-6.51	1.56	-0.57	-1.41	0.40																					
G 1 桁 (下 り 線)	209	-1.63	-1.45	1.12	-0.6	-0.58	1.03	-5.03	-4.78	1.05	-0.98	-0.57	1.72	-0.44	-0.22	2.03	-5.62	-3.57	1.57	-0.37	-1.76	0.43																					
	210	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1																					
	301	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1																					
	302	-0.94	-0.94	1.00	-0.35	-0.38	0.93	-3.85	-3.07	1.26	-0.93	-0.36	2.59	-0.06	-0.14	0.43	-4.93	-2.37	2.08	-0.5	-0.41	1.22																					
	303	-1.61	-1.57	1.03	-0.6	-0.63	0.94	-6.54	-5.17	1.26	-1.56	-0.61	2.57	-0.1	-0.24	0.41	-8.3	-3.96	2.10	-0.81	-0.7	1.15																					
	304	-2.07	-2	1.03	-0.77	-0.81	0.95	-8.2	-6.55	1.25	-1.94	-0.77	2.52	-0.11	-0.3	0.37	-10.3	-5.01	2.06	-0.99	-0.91	1.08																					
	305	-2.1	-2.03	1.03	-0.78	-0.82	0.95	-8.27	-6.68	1.24	-1.94	-0.79	2.47	-0.1	-0.31	0.33	-10.4	-5.1	2.04	-0.9	-0.94	1.03																					
	306	-1.7	-1.66	1.02	-0.63	-0.67	0.94	-6.59	-5.44	1.21	-1.54	-0.64	2.41	-0.07	-0.25	0.29	-8.26	-4.14	2.00	-0.77	-0.78	0.99																					
307	-0.96	-0.96	1.00	-0.36	-0.38	0.92	-3.7	-3.13	1.18	-0.87	-0.37	2.35	-0.03	-0.14	0.24	-4.64	-2.38	1.95	-0.43	-0.45	0.95																						
308	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1																						

	節点番号	防音壁						ケーブル類						全死荷重						列車荷重上り線						列車荷重下り線						列車荷重同時											
		変位			比			変位			比			変位			比			変位			比			変位			比			変位			比			変位			比		
		SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D	SPACER	DIANA	S/D									
G 2 桁 (上 り 線)	201	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1									
	202	-0.03	-0.37	0.07	-0.01	-0.11	0.11	-5.02	-5.77	0.87	-6.03	-9.81	0.61	-5.18	-8.88	0.58	-6.18	-9.9	0.62																								
	203	-0.14	-1.25	0.11	-0.06	-0.38	0.15	-20.3	-20.9	0.97	-24.2	-33.8	0.72	-21	-30.1	0.70	-24.9	-33.6	0.74																								
	204	-0.33	-1.78	0.18	-0.12	-0.54	0.22	-31.3	-30.5	1.03	-37	-45.3	0.82	-32.4	-39.8	0.81	-38.1	-45.3	0.84																								
	205	-0.48	-1.99	0.24	-0.17	-0.6	0.28	-37.3	-34.8	1.07	-44	-50.7	0.87	-38.7	-44.4	0.87	-45.3	-51.3	0.88																								
	206	-0.58	-1.97	0.29	-0.2	-0.6	0.33	-38.9	-35.1	1.11	-45.5	-50.3	0.90	-40.3	-44.1	0.91	-46.9	-51.3	0.91																								
	207	-0.48	-1.72	0.35	-0.2	-0.52	0.38	-35.8	-31.2	1.15	-41.7	-45.2	0.92	-37	-39.8	0.93	-43	-46.1	0.93																								
	208	-0.48	-1.28	0.38	-0.16	-0.39	0.41	-27.3	-23.5	1.16	-31.6	-35.3	0.90	-28.2	-31.5	0.90	-32.6	-35.9	0.91																								
209	-0.28	-0.69	0.40	-0.09	-0.21	0.43	-15	-12.9	1.16	-17.3	-21	0.82	-15.5	-19.1	0.81	-17.8	-21.4	0.83																									
G 1 桁 (下 り 線)	210	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1																					
	301	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1																					
	302	-0.45	-0.36	1.24	-0.14	-0.11	1.22	-12.1	-8.14	1.49	-12.8	-13.8	0.93	-13.3	-14.6	0.91	-14	-15.1	0.93																								
	303	-0.73	-0.63	1.16	-0.22	-0.2	1.15	-20.5	-13.7	1.49	-21.6	-18.8	1.15	-22.5	-20.3	1.11	-23.7	-21.1	1.12																								
	304	-0.88	-0.82	1.08	-0.27	-0.25	1.08	-25.6	-17.4	1.47	-27	-20.9	1.29	-28.5	-22.9	1.24	-29.7	-24	1.24																								
	305	-0.87	-0.84	1.03	-0.27	-0.26	1.04	-25.7	-17.8	1.44	-27.1	-20.4	1.33	-28.6	-22.6	1.27	-30	-23.6	1.27																								
	306	-0.69	-0.7	0.98	-0.21	-0.22	0.99	-20.5	-14.5	1.41	-21.6	-17.4	1.24	-22.8	-19.2	1.19	-23.9	-20.1	1.19																								
	307	-0.39	-0.41	0.94	-0.12	-0.13	0.96	-11.5	-8.35	1.38	-12.1	-11.7	1.03	-12.8	-12.6	1.02	-13.4	-13.1	1.02																								
308	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1																						