

設計ツールの高度化に対応した道路橋の設計に関する研究

独立行政法人 土木研究所 正会員 平原伸幸
 同 上 正会員 高橋 実
 同 上 正会員 山森誠史
 同 上 正会員 徳橋亮治

1. はじめに 初等はり理論に基づいた格子解析など従来の設計手法は、計算機が普及していなかった時代から合理的な手段として用いられている。しかし、近年の計算機の飛躍的な性能向上により設計ツールが高度化された現在では、より精度の高い設計手法の実現が可能であり、これまでも様々な方面での研究が報告^{1)~5)}されているものの、設計ツールとして本格的に用いられているとは必ずしもいえない。

このような背景のもと、本研究では立体 FEM 解析を用いた鋼道路橋の傾向を把握し、設計段階での問題点を整理することを目的とした。

2. 対象橋梁 図-1 に対象とした橋梁一般図を示す。橋種は、橋長 102.5m、幅員 11.6m の 3 径間連続非合成鋼桁橋(桁高 1.9m、間隔 2.4m、床版厚 230mm)で、支間中央に荷重分配横桁、橋軸方向に 5.7m 間隔で中間対傾構、下横構が配置される鋼桁橋である。

3. 解析手法 図-2 に有限要素分割図を、表-1 に各解析ケース (Case1,2,3) で使用した要素を示す。

モデルに汎用性をもたせるため、特殊な要素の使用は避け、4 節点シェル要素と梁要素のみとした。主桁と床版は梁要素で結合させ、実橋の非合成桁がもつフレキシビリティを考慮した剛性⁶⁾を使用した。

図-3 に荷重載荷パターンを示す。活荷重は道路橋示方書の B 活荷重とした。P₁、P₂ 荷重が共に着目部材に最も不利となる位置 (ここでは TYPE-A、TYPE-B、TYPE-C の 3 箇所) を格子解析より決定して載荷した。

なお、格子解析との比較を想定したため、荷重抵抗係数設計法などの概念は今回は導入していない。汎用解析コードは MSC/NASTRAN を使用した。

4. 解析結果と考察 図-4 に G1 桁に着目した各モデルの応力、変形量の分布図を、表-2 に各桁に着目した解析結果の数値比較を示す。評価の対象は主桁のみとした。

応力の算出に際しては、可能な要素に関しては応力成分の組合せ結果である Von Mises の相当応力を用い

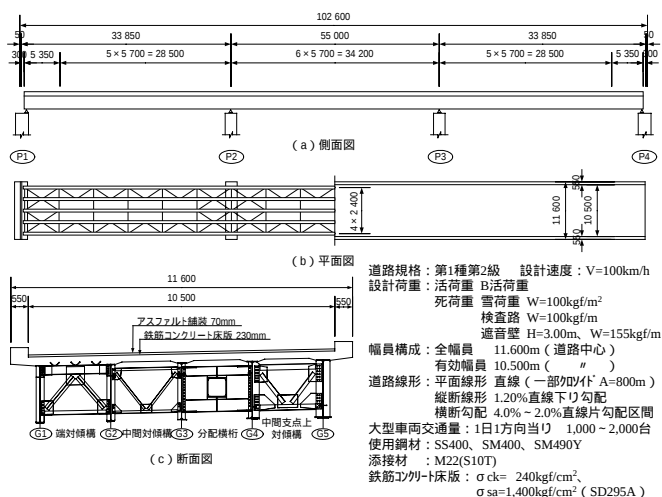


図-1 対象橋梁一般図

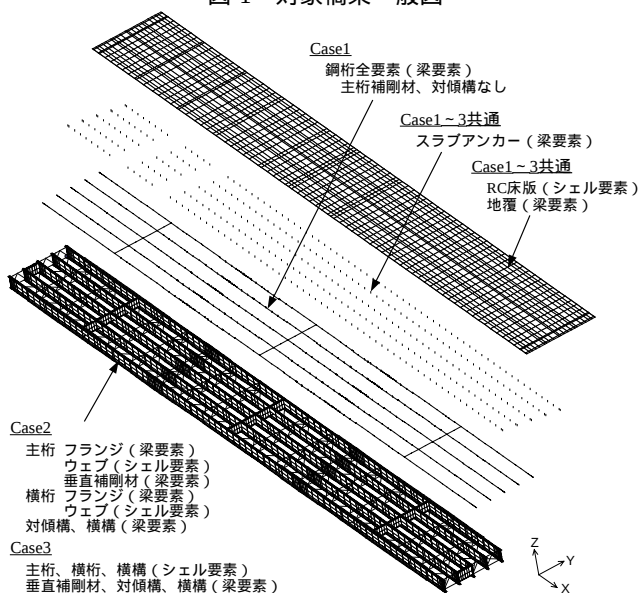


図-2 有限要素分割図

表-1 使用要素一覧表

解析ケース	簡易要素	CASE 2	CASE 3
部材名称	CASE 1	CASE 2	CASE 3
床版	☐	☐	☐
地覆			
ウェブ	☐	☐	☐
フランジ	☐	-	-
垂直補剛材	-	-	-
水平補剛材	-	-	-
ウェブ	☐	☐	☐
フランジ	-	-	-
端支材			
端対傾構			
中間支材			
中間対傾構			
下横構			
スラブアンカー (結合要素)			
節点数	2332	5186	10652
要素数 (主桁のみ)	4369 (660)	10491 (6774)	14475 (10758)

凡例) ☐ : シェル要素 ☐ : 梁要素 (全剛性考慮)
☐ : オフセット梁要素 ☐ : 梁要素 (軸力のみ考慮)
 空欄はモデル化していない要素を示す

キーワード 鋼多主桁橋、設計手法、FEM 解析、格子解析

構造物研究グループ(橋梁構造) 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL 0298-79-6793 FAX 0298-79-6739

たが、断面力として解を得る要素では、従来同様に応力換算する手法を用いた。

格子解析との比較では、最も簡易な有限要素（主桁断面が一つの梁要素）を用いた Case1 においても、応力においては概ね 30%程度の低減効果が見られ、変形量においても同様の傾向となった。さらに、Case2 から Case3 へと要素を高次化するに従い、減少傾向がみられた。各ケースを比較すると、Case1 に対してウェブをシェル要素とした Case2 は、6%程度の応力低下が見られたが、Case2 に対してフランジをシェル要素とした Case3 は変形量に影響は見られるものの、応力に関しては、ほとんど低下は見られなかった。

なお、最も詳細な有限要素を使用した Case3 は、現状ではモデル作成段階における解析者の自由裁量に依存するところが多く、またその違いが解析結果に及ぼす影響も無視できないため、今後さらなる検討が必要である。

5. おわりに 以上より、鋼上部工全体系に立体 FEM 解析を用いることで、生じる問題点について一部整理することができた。今後は、本解析モデルを基にさらなる検討を行い、設計ツールの高度化に対応した設計手法の確立に結び付けたい。

【参考文献】

- 1) 西川・中谷・小野・中洲：超高性能ゲーム機時代の橋梁設計，土木技術資料，43-1，pp.50-55，2001
- 2) 菅沼・小西・三木：FEM と最適化ソフトの組合せによる鋼橋最小重量化設計の試み，応用力学論文集，Vol.3，pp.225-233，2000
- 3) 鋼上部構造の設計に FEM 解析を適用するためのガイドライン（案），本州四国道路橋公団，1993
- 4) 鋼構造新技術小委員会：ロングライフブリッジへの道，橋梁と基礎，1997.7～10
- 5) 鋼構造新技術小委員会：最終報告書（設計法研究），土木学会，平成 8 年
- 6) 小松・佐々木：不完全合成格子桁橋の理論と近似解法について，土木学会論文集，第 329 号，pp.27-37，1983.1

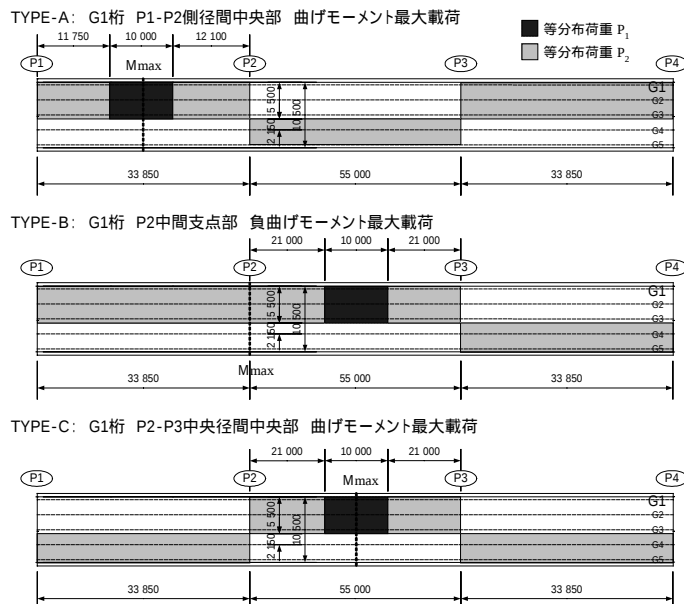


図-3 荷重パターン図

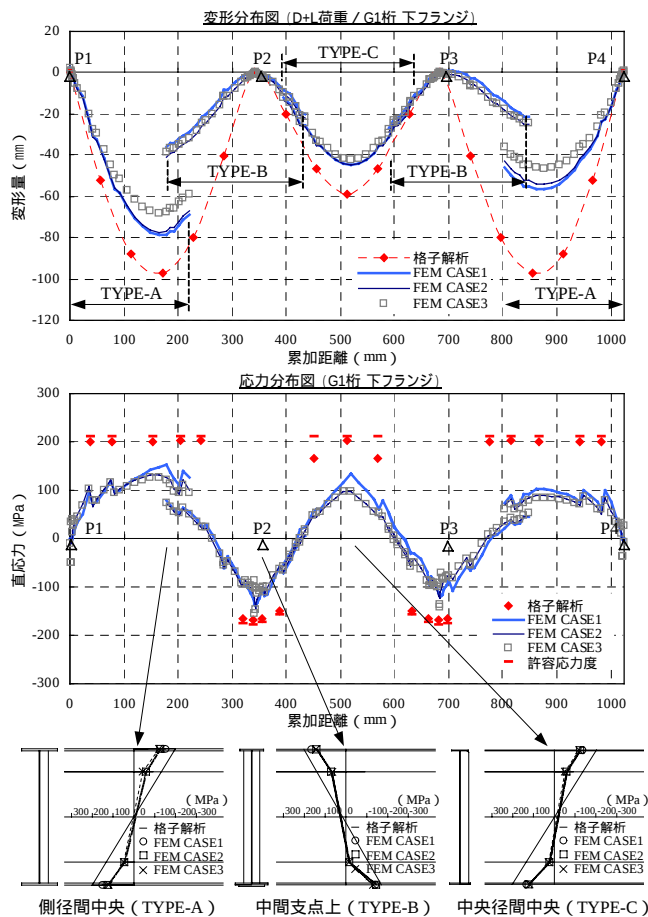


図-4 主桁分布図（G1 桁）

表-2 解析結果 着目最大応力比較表（単位：MPa）

荷重タイプ 解析ケース	G1桁 上フランジ		
	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C
格子解析	-204	203	-202
CASE 1	-152 75%	168 83%	-135 67%
CASE 2	-133 65%	143 70%	-124 61%
CASE 3	-121 60%	144 71%	-119 59%

荷重タイプ 解析ケース	G1桁 下フランジ		
	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C
格子解析	200	-149	167
CASE 1	152 76%	-140 94%	135 81%
CASE 2	132 66%	-144 97%	97 58%
CASE 3	122 61%	-112 75%	98 59%

荷重タイプ 解析ケース	G2桁 上フランジ		
	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C
格子解析	-203	203	-198
CASE 1	-135 67%	150 74%	-115 58%
CASE 2	-133 66%	146 72%	-121 61%
CASE 3	-97 48%	139 68%	-135 68%

荷重タイプ 解析ケース	G2桁 下フランジ		
	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C
格子解析	185	-131	131
CASE 1	135 73%	-120 92%	115 87%
CASE 2	125 68%	-127 97%	99 76%
CASE 3	120 65%	-107 81%	100 77%

荷重タイプ 解析ケース	G3桁 上フランジ		
	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C
格子解析	-203	204	-176
CASE 1	-135 67%	163 80%	-114 65%
CASE 2	-132 65%	149 73%	-123 70%
CASE 3	-114 56%	170 83%	-67 38%

荷重タイプ 解析ケース	G3桁 下フランジ		
	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C
格子解析	179	-137	137
CASE 1	135 76%	-131 96%	114 83%
CASE 2	128 72%	-134 98%	109 79%
CASE 3	121 68%	-109 80%	101 74%

注）表中の百分率は格子解析との比較を示す