

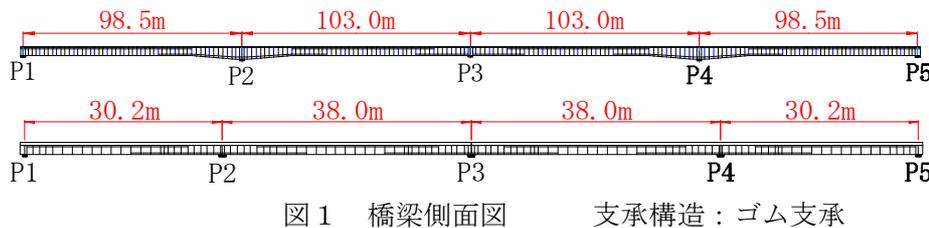
長大スパン連続合成桁の解析における支承条件の影響検討

由井技術士事務所 フェロー ○由井 洋三
 前橋工科大学 (前・鉄道総合技術研究所) 正会員 谷口 望
 京都大学大学院 正会員 橋本国太郎

1. まえがき

近年の鉄道用連続合成桁では、スパン 100m クラスの長大スパンのものが架設されるようになっている。また、連続合成桁では、スパンに関わらずゴム支承が一般的に用いられている。一方、合成桁の乾燥収縮や温度変化を含めた挙動を精度良く把握することは、架設精度や維持管理、設計の合理化の観点で重要である。以前、支間長 30~40m の設計基準適用範囲内の連続合成桁(本検討: B橋)を対象に、実橋梁の各部材を詳細にモデル化した検討を行い、この解析値と設計値がほぼ一致することを確認している¹⁾。本報告では、支間長 100m 程度の長大スパンの連続合成桁(本検討: A橋)を対象に詳細な解析を行い、設計計算の骨組解析で使用されているピン支点モデルと、ゴム支承モデルとで設計計算値がどの程度変化するかを検討した。

2. 橋梁概要



A橋
構造形式: 4径間連続合成桁
主桁: 1主箱桁断面桁
主桁の桁高: 4000~5700mm
B橋
構造形式: 4径間連続合成桁
主桁: 2主開断面桁
主桁の桁高: 1500mm

図1 橋梁側面図 支承構造: ゴム支承

3. 解析概要

解析方法: 対称性を利用し、全体の 1/4 を解析モデルとする 3次元 FEM線形解析。

使用する要素: 主桁, 横リブ, ダイヤフラム, 腕材等をシェル要素,

床版コンクリートをソリッド要素,

主鉄筋をシェル要素, 配力鉄筋をビーム要素

モデル規模: 90万節点, 84万要素

合成前死荷重時の荷重: 床版コンクリート自重を慣性力載荷

乾燥収縮時の荷重: コンクリートの乾燥収縮度を 200 μ (設計値)

ヤング係数比 $n = 17.5$

温度変化時の荷重: 床版コンクリートに三角形分布で温度を設定

(床版上面温度 + 10 $^{\circ}$ C, 床版下面温度を 0 $^{\circ}$ C)

境界条件: 床版コンクリートと主桁上フランジは, 3方向変位拘束

対称条件を P3 中心面と幅員中心面に設定

支承条件: 設計の骨組解析結果と比較するために, ゴム支承モデルとピン支点モデルの 2モデルとした。

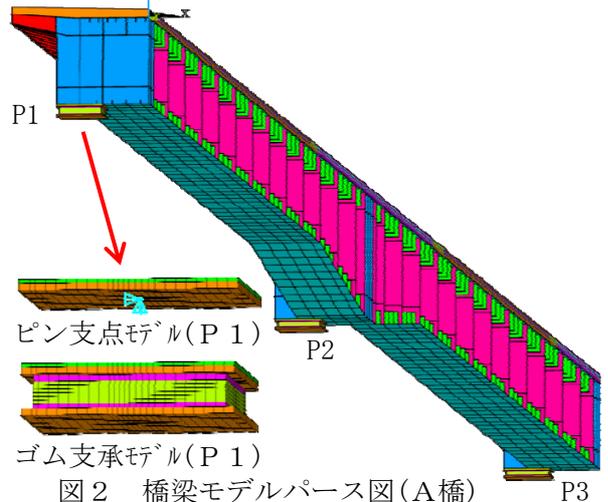


図2 橋梁モデルパース図(A橋)

4. ゴム支承のモデル化検討

図3のゴム支承構造をモデル化するために、ゴム支承弾性ゴム(ソリッド要素)と内部鋼板(シェル要素)を図2のゴム支承パース図に示すように、層状にモデル化した。ソールプレート、上下沓及び上下鋼板はソリッド要素でモデル化した。

ゴムの材料特性は、橋梁全体の变形特性に影響し重要である。本来、ゴムは超弾性材料であり、線形解析では、モデル化し難いものであるが、本解析では、道路橋支承便覧²⁾の鉛直剛性と水平剛性の考え方にに基づき、ゴム支承単体モデルの解析を行い、材料定数を設定した。すなわち、ゴムのヤング係数 E は、ゴム支承の縦弾性係数、せん断弾性係数 G は、ゴムのせん断弾性係数を使用し、支承便覧の鉛直力 R と圧縮変位量 δ_c と圧縮ばね定数 K_v の関係式 ($\delta_c = R / K_v$) が成り立つようにポアソン比 (0.01) を設定した。解析結果(表2)から解析値と設計値(支承便覧式の値)は、ほぼ一致しており、妥当である。

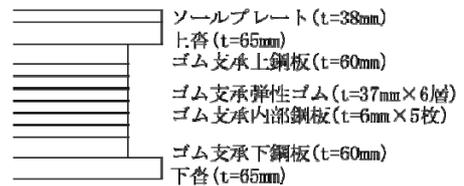


図3 ゴム支承断面構成例(A橋 P1, P5)

表1 ゴム支承条件一覧表

	A橋 P1, P5	A橋 P2, P3, P4	B橋 P1, P5	B橋 P2, P3, P4
寸法(mm)	1820×1820	1820×1820	620×620	1020×1020
ゴム厚	37mm×6層	36mm×4層	15mm×8層	23mm×5層
形状係数 S_1	12.30	12.64	10.33	11.09
縦弾性係数 E (N/mm ²)	430.4	442.4	361.6	388.1
せん断弾性係数 G_e (N/mm ²)	1.0	1.0	1.0	1.0
総ゴム厚 Σt_e (mm)	222	144	120	115

キーワード: 連続合成桁, 乾燥収縮, 温度変化, FEM解析, ゴム支承, 支承条件,

連絡先 由井技術士事務所(〒182-0024 東京都調布市布田5-21-4 TEL 042-481-4604)

5. 支承条件による影響検討

支間長100m程度の連続合成桁(A橋)と支間長30~40m程度の連続合成桁(B橋)のゴム支承の剛性比較表を表2に示す。この結果から剛性の比率は、鉛直剛性と水平剛性は、3~5倍程度であるが、ゴム支承寸法比が1.8~2.9倍程度となり、回転剛性は、P1支承では、30倍程度、P2支承では、9倍程度大となる。その結果、回転変形に影響を及ぼし、B橋ではゴム支承モデルとピン支点モデルの鉛直変位の相違は小であるが、A橋では、ピン支点モデルはゴム支承モデルに比べて、鉛直変位が10%程度大となる。一般的に設計計算では、骨組解析を行っており、支点部は、ピン支点としているので、支間長が大となり、ゴム支承寸法が大となる場合には、回転剛性に対し配慮する必要があると考えられる。

表2 ゴム支承の剛性比較表

対象	項目	A橋		B橋		比率(A橋/B橋)	
		解析値	設計値	解析値	設計値	解析値	設計値
P1 支承	鉛直剛性 (kN/mm)	6618	6275	1348	1012	4.9	6.2
	水平剛性 (kN/mm)	15.39	13.32	3.72	2.81	4.1	4.7
	回転剛性 (kN・m/rad)	1780437	—	54121	—	32.9	—
P2 支承	鉛直剛性 (kN/mm)	9796	10084	3349	3369	2.9	3.0
	水平剛性 (kN/mm)	22.20	20.54	8.64	8.16	2.6	2.5
	回転剛性 (kN・m/rad)	2434571	—	277608	—	8.8	—

表3 鉛直変位量比較表

項目	A橋			B橋		
	鉛直変位(mm)		比率	鉛直変位(mm)		比率
	ゴム支承	ピン支点	ゴム/ピン	ゴム支承	ピン支点	ゴム/ピン
合成前死荷重時	140.5	160.3	0.876	31.3	31.7	0.988
乾燥収縮時	10.9	12.6	0.871	4.3	4.5	0.970
温度変化時	4.13	4.61	0.896	1.43	1.49	0.963

6. A橋の解析結果の考察

合成前死荷重時の解析結果を解析値と設計値と比較した。(図4) 応力分布は、解析値の方が小さめとなっている。鉛直変位は、ピン支点モデルと設計値がほぼ同等となっている。これらから、鉛直変位及び応力状況とも妥当性が確認できる。

乾燥収縮時の主桁の橋軸方向応力分布図と鉛直方向変位を主桁のウェブ位置ラインに着目し、図5に示す。図5の応力分布図に主桁の設計計算値も示し、解析値と設計値を正曲げ部に関して比較をした。(設計計算では、乾燥収縮による曲げモーメントのみ、考慮。不静定曲げモーメントは、考慮していない。) 解析値は、P1支点部で設計値より応力が大きめとなるが、ほぼ同程度となっている。

温度変化時の主桁の橋軸方向応力分布図と鉛直方向変位を主桁のウェブ位置ラインに着目し、図6に示す。図6の応力分布図に主桁の設計計算値も示し、解析値と設計値を正曲げ部に関して比較をした。解析値は、P1支点部で設計値より応力が大きめとなるが、ほぼ同程度となっており、安全側の設計となっていることが確認できる。

7. まとめ

本結果から、スパンの短いB橋では、ピン支点モデルとゴム支承モデルではほとんど差異は生じなかったが、スパンの長いA橋では、両者の鉛直変位は最大で10~13%の差異が生じた。本結果は1橋による事例ではあるが、長大スパンの橋梁に対しては、ゴム支承を精度よくモデル化することにより、架設精度や維持管理、設計の合理化の観点で有利となる可能性があると言える。なお、ゴム支承のモデル化では、設計で規定されていない回転剛性の差異(表2)が、本結果に大きく影響していると想定される。

最後に、本検討に際して鉄道・運輸機構の南邦明氏に多大なご協力を得ました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 由井ら：鉄道用連続合成桁の乾燥収縮・温度変化挙動の詳細解析に関する検討，土木学会第67回年講，2012，9.
- 2) 日本道路協会：道路橋支承便覧，平成16年4月。

解析結果、主桁の橋軸方向応力及び鉛直方向変位分布図

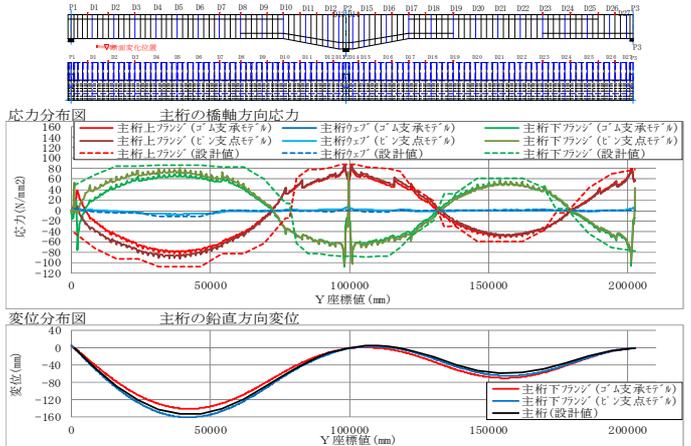


図4 合成前死荷重時の解析結果(A橋)

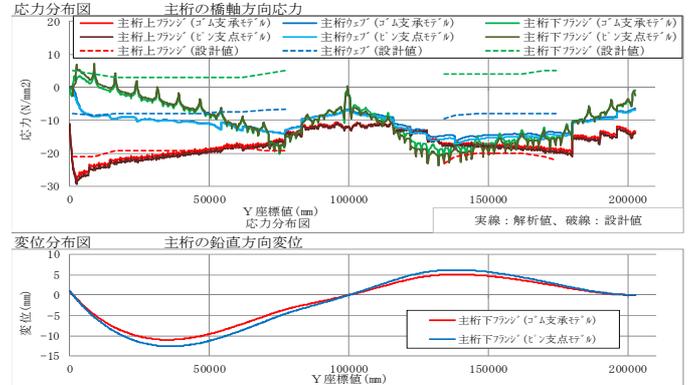


図5 乾燥収縮の解析結果(A橋)

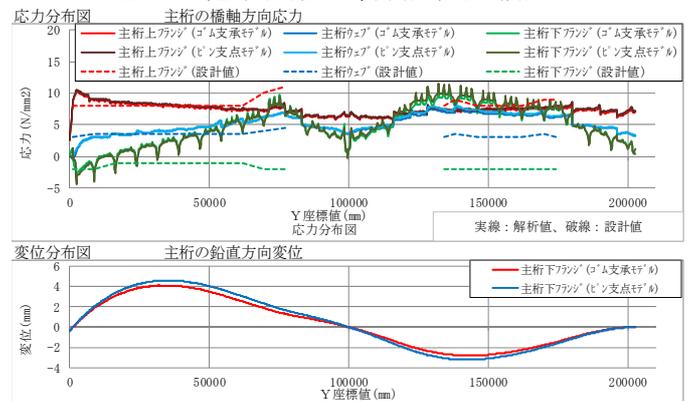


図6 温度変化の解析結果(A橋)