

非合成部材を考慮した桁構造の検討（その2）SRC 桁

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正 藤原 良憲, 杉浦 忠治

鉄道総合技術研究所 正 池田 学

トーニチコンサルタント 正 ○久保 武明, 藤原 毅, 堤 秀康

1. はじめに

豪雪地域に敷設される鉄道構造物で雪害対策から貯雪方式を採用している区間では、床版上面に貯雪スペースを確保するため、一般には 100mm としている路盤コンクリート高を 750mm としている。路盤コンクリートは軌道構造の一部で列車荷重を構造物に伝播させるための部材であり、構造物と考えていないため 5~10m 程度で目地を設けているが、それらは橋梁全長に渡り設置されるもので、最近の測定結果や研究¹⁾では主桁作用に寄与している報告もある。

そこで、桁下制限を受ける架道橋に多く採用されている SRC 桁形式に対して、路盤コンクリートの目地を無くして主桁と一体化させた場合の検討を行った。本稿においては、その検討結果を報告する。また、別稿においては別形式である合成桁の検討について報告する予定である。

2. 構造計画

SRC 桁は中小支間の桁下制限の厳しい箇所に適用される構造形式で、一般には単線あたり 3 主 I 桁の複合断面を用いているが、さらに桁下制限の厳しい箇所では直角方向に主桁を多数並べることで桁高縮小を図っている。

しかし、多主桁化は死荷重が増加するデメリットを有するため、本検討においては路盤コンクリートの高さに着目し、その箇所のみで桁剛性を確保する方向で検討するものとし、主版幅の縮小、死荷重軽減を図るものとした。断面図の比較を図-1 に示す。なお、支間長は 25m を想定している。

3. 主桁断面形状の比較検討

3-1. 桁高縮小について

検討断面は、主桁本数が 7 から 4 本に減少し、主版幅は 8.8m から 4.84m に減少した。表-1 に SRC 桁の比較検討結果を示す。従来断面と同様に軽量コンクリートを用いた場合、たわみの照査により断面構成が決定される傾向にあるため、本検討断面では普通コンクリートを用いることでヤング係数の相違から主桁の剛度を確保し、さらに桁高縮小が可能であることを確認した。路盤コンクリート高を主桁高に算入することで、主桁高は 1050mm から 1400mm となるが、RL~桁最下端までの高さは 2265mm から 1865mm と 400mm（15%減）の縮小が可能である。

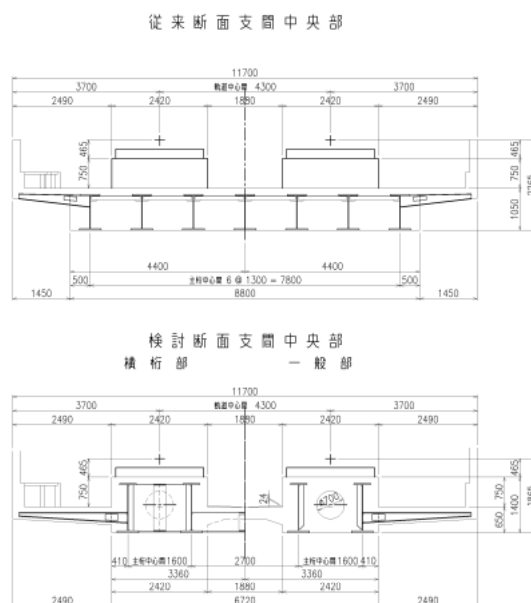


図-1 新旧断面図

表-1 主版の比較検討結果

		検討断面3		
		複線2主桁（並列桁）	複線4主桁中空断面（軌道部2主桁）	複線4主桁中空断面（軌道部2主桁）
基本条件	構造内訳	路盤コンクリート 無効	路盤コンクリート 有効	路盤コンクリート 有効
	主版高	1050 mm	1390 mm	1400 mm
	総桁高	890 mm	1390 mm	1240 mm
	ボイド径	φ700 mm	φ700 mm	φ700 mm
使用材料	使用コンクリート	軽量	軽量	普通
	コンクリート強度	40 N/mm ²	40 N/mm ²	40 N/mm ²
	鉄筋	SD345	SD345	SD345
	鉄骨一般鋼材	SM570	SM570	SM570
埋込み桁断面構成	合成桁断面			
	U.FLG	450 × 24	450 × 24	450 × 34
	WEB	830 × 10	1330 × 9	1158 × 9
	L.FLG	480 × 36	480 × 36	540 × 48
断面力	曲げ	Md = 26240.6 kN・m 複線	Md = 10546.0 kN・m 複線	Md = 11256.6 kN・m 複線
	せん断力	Sd = 4524.6 kN	Sd = 1811.7 kN	Sd = 1933.8 kN
	ねじり	Mt = 491.2 kN・m	Mt = 447.9 kN・m	Mt = 512.5 kN・m
	反力	Rd = 7590.6 kN	Rd = 3006.0 kN	Rd = 3398.0 kN
照査	γi・Md / Mud	0.951 < 1.0	0.968 < 1.0	0.970 < 1.0
	Pt = 0.01608 < 0.75Pb = 0.02600		Pt = 0.0107 < 0.75Pb = 0.02866	Pt = 0.01782 < 0.75Pb = 0.02798
	Σδ = 11.07 mm (L・I)		Σδ = 13.77 mm (L・I)	Σδ = 11.45 mm (L・I)
	δu = 14.00 mm Lb/1700		δu = 14.00 mm Lb/1700	δu = 14.00 mm Lb/1700
概算工事費	γi・Σδ / δu	0.791 < 1.0	0.984 < 1.0	0.818 < 1.0
	コンクリート	概算単価30万円/m ³	0.70 億円	0.64 億円
	鋼材	0.57 億円	0.35 億円	0.45 億円
	合計	1.57 億円	1.05 億円	1.09 億円
基本断面との差		0.00 億円	-0.52 億円	-0.49 億円

キーワード：鉄道橋，SRC 桁，路盤コンクリート，雪害対策

連絡先：〒151-0071 東京都渋谷区本町 1-13-3 Tel:03-3374-4084 Fax:03-3374-4744

3-2. 経済性および合理性

従来の断面に比べて概ね鋼重は 15%，工事費は 20%，反力は 50%の減少率であり，上部工のみならず下部工においても合理的な構造形式になるものと考えられる．また，豪雪地域においては，氷柱や雪庇等が新幹線の走行や道路交通に支障をきたすことから，下路桁形式が採用出来なかったが，本 SRC 桁を適用することで下路桁と同等の構造高で道路等との交差が可能になるものと考えられる．

4. 床版の検討

前記のように主桁断面を構成した結果，非常に剛性の高い複合主桁を薄い床版で結合されるため，単線載荷時には主桁の変位に伴い中間床版に応力が生じるものと考えられた．また，床版は複合主桁断面の中立軸から引張側に位置することになるため，線路方向に対して全断面が引張となる床版のひび割れが課題と考えられた．これらの課題に対して FEM 解析により検討を行うものとした．

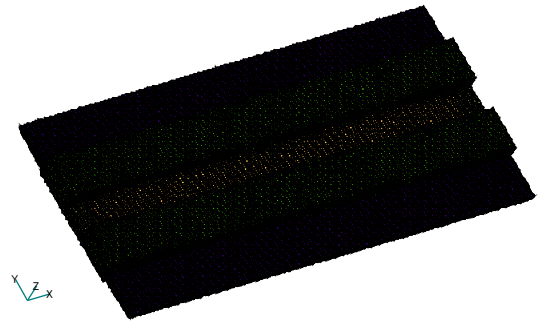


図-2 SRC 桁 FEM 解析メッシュ（鳥瞰図）

4-1. 解析概要

有限要素法に用いたモデルを図-2に示す．コンクリート部材はソリッドモデル，鋼部材はシェルモデル，鋼とコンクリートの結合は各接合要素において剛結合とした．主桁作用による床版の影響を検討するため，単線載荷時に横荷重が作用した状況を荷重条件とするため，全体モデルを用いるものとした．

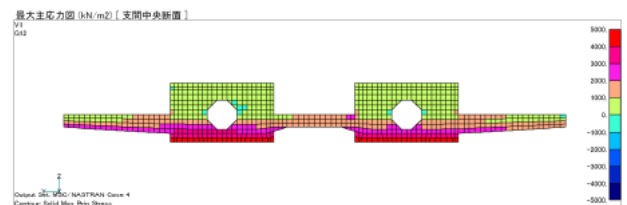


図-3 支間中央付近断面，D+(L+I)単+C+LF+W

4-2. 単線載荷時における中間床版の挙動

FEM 解析の結果として最大主応力図を図-3に示す．荷重条件は，死荷重+活荷重+衝撃荷重（単線）+横荷重（遠心，車両横，風）とし，中間床版の影響が大きくなる組合せを考慮した．中間床版の応力値は主桁との接合部付近で 2000kN/m^2 程度の値である．これは，主桁の同高位置の応力値とほぼ等しく，直角方向を支間とした床ではなく，主桁の突縁フランジとして機能していると考えられ，断面計算値とほぼ同等の応力値である．

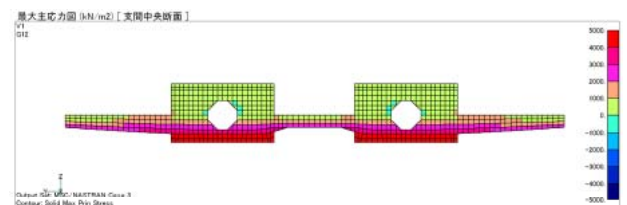


図-4 支間中央付近断面，D+(L+I)複

4-3. 床版のひび割れに関する考察

FEM 解析の結果として最大主応力図を図-4に示す．荷重条件は，死荷重+活荷重+衝撃荷重（複線）である．張出部および中間部ともに複合主桁断面の中立軸から引張側に位置し，最大 3300kN/m^2 程度で全引張応力状況にある．中間部は前記のとおりであるが，張出部においては上面より下面に大きな応力が生じており，明らかに線路方向の影響と考えられる．設計基準強度 40N/mm^2 の場合，コンクリートの引張強度は $0.5f'_{ck}{}^{2/3} = 5.8\text{N/mm}^2 = 5800\text{kN/m}^2$ であることから，床版に生じている引張応力は引張強度以内であるが，ひび割れに関しては非常に気になるところであり，今後の課題と考えている．

4. まとめ

比較検討により路盤コンクリートを主桁断面に算入することで経済性および合理性に寄与することが確認された．今後は，全引張床版に対して縮小試験体を用いた実験的検討，ひび割れ挙動を考慮した非線形解析等を行い，実用化に向けて検討を進める予定である．

参考文献】1)藤原，鈴木，池田，谷口：鋼鉄道橋における非合成部材の合成効果に関する実橋測定，構造工学論文集 Vol.53A，2007 年 3 月 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，1992.10