

## 連続合成桁の床版施工順序における解析的挙動に関する課題

REC(勤：鉄道・運輸機構) 正員 保坂 鐵矢

○パシフィックコンサルタンツ 正員 武居 秀訓<sup>\*1</sup>

### 1. はじめに

鉄道橋においては、騒音・振動対策の観点から、コンクリート床版を有効利用した合成桁が多く採用されている。連続合成桁は支承の数を少なくできコンクリート床版の目地も少なくなることから、耐久性を有する合理的で経済的な低騒音構造であるばかりでなく、耐震性の面からも有利な構造である。連続合成桁では一般に正曲げ区間、負曲げ区間の順にコンクリート床版を打設する方法を用いるが、この施工順序を合成評価した解析（以降、逐次合成法と称す）は行っていない。例外として、道路橋の合成少数主桁の解析で逐次合成法を用いている。逐次合成法は概念的には実構造に近い解析法であると考えられるが、鋼とコンクリートの合成において、有効幅、ヤング係数、クリープおよび乾燥収縮など不確定な要因や仮定剛度と実剛度との解析上の収斂などギャップも見られる中で、無意識に逐次合成法を用いることは連続合成桁の耐力を侵すこととなる。筆者らは作用断面力や耐力が正曲げ・負曲げ最大となるように負曲げコンクリートの剛性、有効幅を評価した解析を行っているが、逐次合成法は若齢時のコンクリートの物性的評価、負曲げ区間の剛度および有効幅等の評価法によって耐力に差が生じることとなる。本稿では逐次合成法による解析を一仮定条件の下で行い、連続合成桁の解析上の課題として報告する。

### 2. 試設計の内容

解析モデルは図-1に示す3径間連続合成桁を対象に、設計断面力およびたわみ量を算出し、代表断面の算定および製作キャンバーの計算を行う。設計断面力の算出は逐次合成を考慮した解析を行い、鋼桁と先行打設したコンクリートとのヤング係数比を7とした。逐次合成を行う際の床版コンクリートの打設順序は、一般に行っている正曲げ領域を施工した後、負曲げ領域を施工するという例を用いることとし、図-1のように第1径間中央と第3径間中央の打設をステップ1、中央径間中央部の打設をステップ2とし、最後のステップ3で中間支点近傍を打設することとした。また、逐次合成法と比較するため、床版打設ステップを考慮しない解析（以降、従来合成法と称す）も行い、主桁断面と製作キャンバーを算出した。解析上の鋼桁とコンクリート床版とのヤング係数比は全ての状態に対して7としたケースと、合成後死荷重に対してはクリープを考慮したヤング係数比21を使用したケースの2つのケースを考慮した。考慮した荷重は、合成前死荷重(鋼桁他、床版コンクリート等)、合成後死荷重、列車荷重および衝撃とし、乾燥収縮やクリープ等による不静定断面力は考慮していない。断面算定は第1径間と第2径間の中間支間断面としている。

中間支点部の断面は、本解析モデルでは解析方法の違いにより作用断面力に差異が認められないため割愛した。

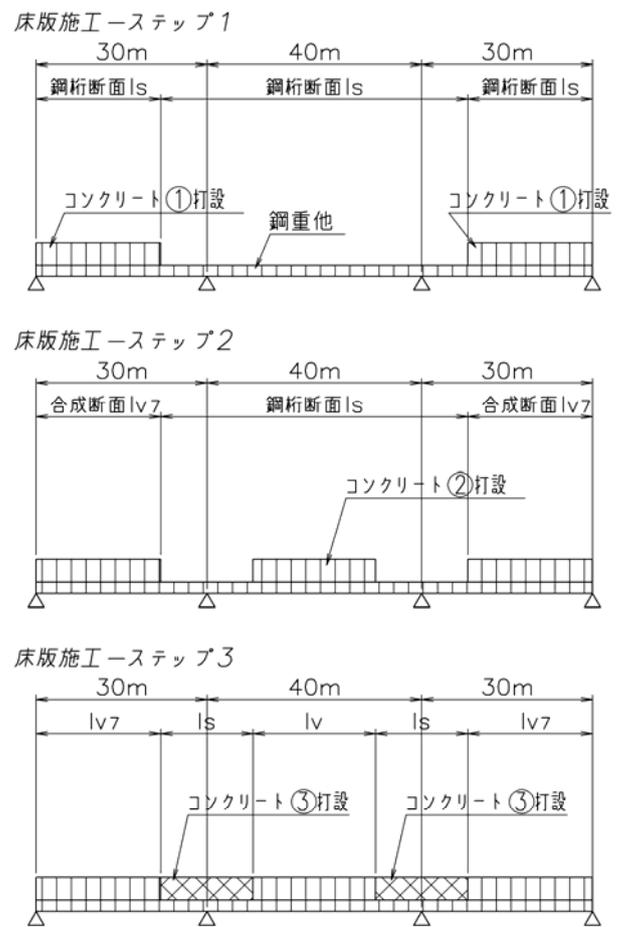


図-1 解析モデル

キーワード：鉄道橋，連続合成桁，床版施工

\*1 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1

TEL 03-3344-0744

FAX 03-3344-0806

3. 試設計結果と考察

表-1に作用曲げモーメントと断面算定結果を示す。逐次合成を考慮した場合には、第1径間中央部では合成前死荷重のコンクリート床版による曲げが従来合成法に比べ大きく、合成後死荷重による曲げがその分小さくなっている。その結果、概算断面は鋼桁断面で負担する曲げが大きいと上下フランジとも1mm程度厚くなり約3%断面が増加した。第2径間中央に着目すると、合成前のコンクリート床版による曲げが少なくなり、その分が合成後死荷重による曲げへと転換されている。概算断面も従来合成法に比べ上下フランジとも1mm程度薄くなり約3%断面が減少した。このことは床版施工順序が桁耐力に影響することを示している。

次に、製作キャンバーを図-2に示す。第1径間中央を比較すると、従来合成法に対し逐次合成は約17mm(約44%)キャンバーが大きく、第2径間中央では逆に24mm程(約33%)キャンバーが小さくなっている。この結果は当然のことで、先行打設した第1径間と第3径間のコンクリート床版が鋼桁に合成されたため、その区間では曲げ剛性が大きくなり、後行打設する第2径間および中間支点部のコンクリート重量ではたわみが戻らないことを示している。鉄道用合成桁の製作キャンバーは持続する荷重のクリープを考慮することになっている。図-2の結果ではそれを考慮した場合は、考慮しない場合に比べて6~7%キャンバーが大きく、逐次合成法は従来合成法でヤング係数比を21から7へ変化させることより大きな影響を与える結果となった。

3. おわりに

鉄道橋では軌条面高の管理は厳しく、特に高速走行する新幹線橋梁では乗り心地に大きな影響を与えることから、現場施行時のキャンバー管理が重要となる。鉄道公団では合成後死荷重の施工後にキャンバー残が小さくなるよう、標準に規定されているヤング係数比21を7とした設計・施工管理を行い、ほぼ計画どおりの成果を得ることが出来ていた。逐次合成法は実際の施行順序を忠実に設計に反映しているものと考えられるが、施工時期が異なるコンクリートのヤング係数は一定でないことや現場における施工条件の変化等を考慮すると、設計と施工品質にミスマッチが生じ、終局耐力のみならず列車走行性等の使用限界状態を損なう恐れがある。まだまだ解明すべき課題が積み残されている。本稿で報告した構造例は理想的な支間割の連続桁のため、桁耐力やキャンバー値の差が少なかったが、変則的な支間の桁や長支間の桁ではこの差は拡大するものと考えられる。安易に解析至上主義に走らず、課題を一步一步乗り越え耐久性を有する構造の構築を望むものである。

「参考文献」1)保坂鐵矢，武居秀訓，作川孝一：連続合成桁の設計上の課題（鉄道橋の例），第60回土木学会年次学術講演会

表-1 設計曲げモーメントと断面算定結果

		第1径間中央				第2径間中央			
		逐次合成		従来合成(N=7)		逐次合成		従来合成(N=7)	
設計曲げモーメント (kN・m)	合成前	818		818		1044		1044	
	死荷重	3836		2306		1309		2893	
	鋼桁他	4654		3124		2352		3937	
	床版	778		2407		4498		3132	
	合計	5585		5585		7494		7494	
	衝撃	1769		1769		2062		2062	
概算断面	床版	1-PL 5618 × 250		1-PL 5618 × 250		1-PL 5633 × 250		1-PL 5633 × 250	
	上フランジ	2-PL 400 × 18		2-PL 400 × 17		2-PL 400 × 17		2-PL 400 × 18	
	腹板	2-PL 1482 × 10		2-PL 1483 × 10		2-PL 1483 × 10		2-PL 1482 × 10	
	下フランジ	1-PL 1460 × 15		1-PL 1460 × 14		1-PL 1460 × 20		1-PL 1460 × 21	
	概算断面積 (cm <sup>2</sup> )	683.4 (1.034)		661.0 (1.000)		748.6 (0.971)		771.0 (1.000)	
終局限界状態の照査	応力度	安全度	応力度	安全度	応力度	安全度	応力度	安全度	
	スラブ上縁	-5.4	0.580	-6.6	0.709	-8.7	0.935	-7.8	0.834
	スラブ下縁	-1.3	0.144	-1.4	0.155	-2.5	0.273	-2.4	0.258
	鋼桁上フランジ	-203.7	0.921	-165.7	0.839	-152.4	0.772	-192.8	0.871
	鋼桁下フランジ	264.0	0.970	267.0	0.981	258.8	0.951	261.5	0.961

注) 1. 終局限界状態の照査では、各種安全係数 (γ<sub>a</sub>, γ<sub>b</sub>, γ<sub>i</sub>, γ<sub>m</sub>) を考慮している。  
2. 表中の N=7 は、ヤング係数比が7であることを示す。

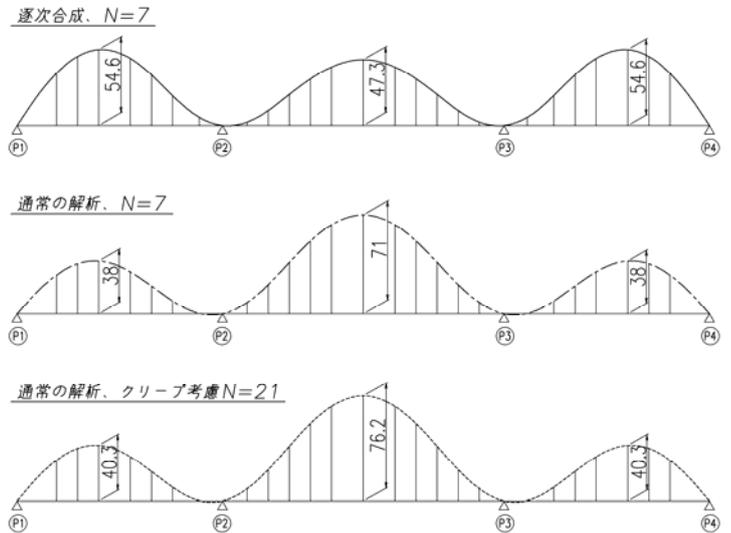


図-2 製作キャンバー