

I-A12

鋼連続2主合成桁の床版施工時の検討及び問題点について

日本道路公団 正会員 安松 敏雄
 日本道路公団 正会員 中須 誠
 日本道路公団 正会員 長谷 俊彦
 復建エンジニアリング 正会員 進藤 義行

1. はじめに

近年、鋼橋の省力化と合理化を目的としたPC床版を有する鋼少数主桁橋が採用されてきており、その床版施工は移動支保工が用いられている。移動支保工施工は鉄筋組立→コンクリート打設→PC鋼材緊張→移動の4種類の作業を1サイクルとして繰返し、順次床版を完成させる工法であるが、施工終了の部分は合成桁、未施工部分は鋼桁という2種類の構造が混在する構造型となる。従って、床版施工順序により主桁断面力に差異が生じ、断面構成が大きく異なることが予想される。今回、床版施工順序に従って逐次計算を行い、主桁断面力と床版ヒビワレについて検討を実施したので報告する。

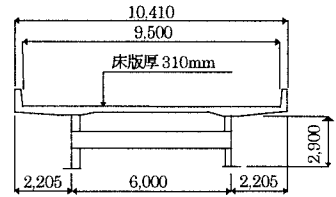


図-1 橋梁横断面図

2. 検討対象橋梁

検討対象橋梁は第1種第3級B規格道路の鋼3径間連続合成2主桁橋とし、横断面図を図-1に側面図を図-2に示した。床版は橋軸方向にプレストレスしない構造とし、床版厚は310mmとした。設計条件を表-1に示した。本来、主桁断面構成は床版施工順序を考慮した設計とすべきだが、本検討は床版荷重一括載荷とする計算結果（試設計）を利用した。

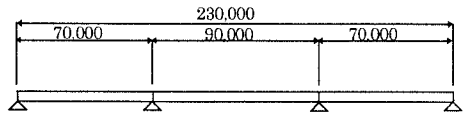


図-2 橋梁側面図

表-1 設計条件

道路規格	第1種第3級B規格
構造形式	鋼3径間連続合成2主桁橋
橋長	231.400m
支間長	70.000m+90.000m+70.000m
有効幅員	9.500m
斜角	90度
舗装	アスファルト t=75mm
壁高欄	フロリダ型 W=0.868tf/m
シャ音壁	H=3m W=145kgf/m
床版	PC床版 σ _{ck} =400kgf/cm ²
使用鋼材	SM400 SM490Y SM570
使用鉄筋	SD345
適用示方書	道路橋示方書

3. 検討方法

施工順序は橋梁左側から片押し施工するCase-1と径間部を先行施工し支点部を後施工するCase-2とし、図-3と図-4に示した。1パネル長は20mと15m、施工日数は10日、1パネル施工終了後に合成桁が構成されるものとした。構造形は1主桁を対象とした3径間連続梁で床版全幅有効（総幅員の1/2）とした合成桁と鋼桁が混在する構造とした。また、載荷重は床版荷重・ハンチ荷重・鋼桁自重で移動支保工荷重・床版の乾燥収縮・クリープ・温度差による影響は考慮していない。

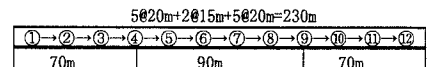


図-3 Case-1施工順序

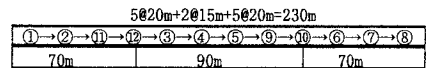


図-4 Case-2施工順序

4. 逐次計算結果

床版に負の曲げモーメントが作用する中間支点部に着目して計算結果を記載する。施工終了時における主桁断面力を表-2とした。左側中間支点・Case-2の数値が試設計とほぼ同一となる。左側中間支点・Case-1の合成桁の床版と鉄筋について断面検討した結果を表-3に示した。なお、合成後荷重・ジャッキアップ荷重・乾燥収縮等については試設計の結果を利用した。表-4にはヒビワレ幅の許容値と試設計における値（表-3中のkに相当・全荷重載荷時：鉄筋σ_s=963kgf/cm²）を示した。Case-2において中間支点部合成桁としての主桁断面力は0であり床版としての問題はない。

表-2 施工終了時主桁断面力 単位：tf・m

	左側中間支点		右側中間支点	
	Case-1	Case-2	Case-1	Case-2
鋼桁	-2533	-4422	-2409	-4921
合成桁	-2669	0	-2343	227

キーワード：移動支保工、逐次計算、ヒビワレ、ジャッキアップ・ダウン

〒194-0035東京都町田市忠生1-4-1 日本道路公団 試験研究所 橋梁研究室 TEL 0427-91-1621 FAX 0427-92-8650

そこで他の断面に発生する断面力と応力度について表－5に示した。なお、コンクリートの許容引張り応力度は $\sigma_{ta}=27.1\text{kgf/cm}^2$ である。

5. 計算結果のまとめ

片押し施工するCase-1では施工終了時、中間支点部床版コンクリートは許容引張り応力度を越える。その後の合成後荷重により鉄筋も許容応力度を越え、ヒビワレ幅も $W=0.026\text{cm}$ と一般環境の許容値を越える結果となる。また、鉄筋を $D29 \cdot @100\text{mm}$ まで増加したが一般環境の許容値以下とはならなかった。Case-2の工法によれば中間支点部に負の曲げモーメントは作用せず、その他の断面はいずれも施工終了時にはコンクリート許容引張り応力度以下となる。また、断面S-3・-4・-10・-11は合成後荷重により圧縮側へと移行するため、引張り応力度は減少される。圧縮側へと移行しないS-6・-9断面について合成後の全荷重を考慮した鉄筋応力度とヒビワレ幅を表－6に示した。全荷重状態でのヒビワレ幅は厳しい腐食環境の許容値 0.0119cm を下回る値となる。

6. まとめ

今回、長支間の鋼連続合成桁を対象に床版施工の順序を追った逐次計算を実施した結果、移動支保工による片押し施工では施工終了後の状態で床版にヒビワレが発生し、床版の耐久性に問題があることが解った。中間支点部断面力を減少させる対策として施工順序を変化させる工法と強制的にプレストレスを与える工法が考えられる。前者が逐次計算Case-2である。この施工法によれば従来の設計法である床版荷重一括載荷と差違はなく、煩雑な設計とはならず、床版施工順序検討において主桁断面の検討を行えばよいと考えられる。強制的にプレストレスを与える工法としてPC鋼材による緊張と支点のジャッキアップ・ダウンがある。桁全長にわたりPC鋼材で緊張するのはロスが多く物理的に無理があり、部分的に緊張する工法となるであろう。ジャッキアップ・ダウンは有効な工法であるが、過度な量を設定すると径間部主桁断面力の増加を招き得策とはならず、また、床版クリープによるプレストレス効果の減少があり注意が必要である。合成桁に作用する負の曲げモーメントを減少させることに着目した施工順序を採用する対策が経済性に優れた方法であると考ええる。

今回、詳細な数値は示していないがコンクリート材令と乾燥収縮量の違いについてはCase-2の施工順序で道路橋示方書に記載されている材令と乾燥収縮度の関係表を用いて逐次の検討計算を行い、試設計と比較した。結果、早い時期に完成するパネルで変化率が大きく現れ、20日めに完成するパネルについての主桁断面計算の結果は床版で0.5%、鋼桁で0.8%の増加であり、問題となる値ではないと考えられる。

合成桁設計の基本は施工順序を追った設計とすべきだが、構造形の変化・乾燥収縮・クリープの影響を考慮した設計は煩雑な作業となる。種々の施工順序が包括される設計法の確立がのぞまれる。また、移動支保工を使用した場合でも片押し施工のみではなく床版への影響を考慮した施工順序とすべきである。また、橋軸方向にプレストレスしない合成桁では活荷重載荷時において、中間支点部のヒビワレは避けられないものと考えられる。床版の耐久性に大きく影響する問題であり、防水処理等の対策とヒビワレ幅制御の方法およびヒビワレ幅を死荷重と活荷重に分けた制限値の規定が望まれる。

表－3 床版断面検討

*鉄筋：D22・@100mm 単位：tf・m・kgf/cm ² ・cm			
荷重状態	断面力	応力度	ヒビワレ幅
床版終了時・床版	-2669	-54.6	---
a 床版終了時・鉄筋	-2669	924	0.011
b ジャッキアップ・鉄筋	1300	-450	-0.005
c 合成後死荷重・鉄筋	-1337	463	0.006
d 合成後活荷重・鉄筋	-1920	665	0.009
e 温度上昇・鉄筋	-56	242	0.005
f 温度下降・鉄筋	56	-242	-0.005
g クリープ・鉄筋	-455	160	0.005
h 乾燥収縮・鉄筋	-20	-117	-0.005
i = a+b	-1369	474	0.012
j = a+b+c+e+g+h	-3237	1222	0.017
k = a+b+c+d+e+g+h	-5157	1887	0.026
l = a+c+d+e+g+h	-6457	2337	0.031
鉄筋許容応力度	---	1400	---

表－4 ヒビワレ許容値と試設計値

項目	許容値
一般環境	0.0170mm
腐食性環境	0.0136mm
厳しい腐食性環境	0.0119mm
試設計値	0.0116mm

表－5 Case-2合成桁断面力と床版応力度

断面番号及び位置	単位：M・tf・m σ・kgf/cm ²			
	施工終了時		施工中最大	
	M	σ	M	σ
S-3側径間中央部	-250	6.0	-877	21.0
S-4中央隣接部	-297	7.2	-1084	26.3
S-6中間支点隣接部	-342	6.9	-552	12.1
S-9断面力相反部	-597	16.1	-82	2.2
S-10中央径間隣接部	-332	7.8	-831	19.5
S-11中央径間部	-332	7.7	-654	15.1

表－6 S-6，9断面鉄筋応力度とヒビワレ幅

* σs：鉄筋応力度 W：ヒビワレ幅				
	σs kgf/cm ²		Wcm	
	S-6	S-9	S-6	S-9
全荷重状態	910	293	0.0110	0.0060