

# 新しいRC合成鋼床版橋の構造と特徴

## Characteristics of New Bridge Structure Using Steel Composite Slabs

小林 裕 輔<sup>\*1</sup> 能 登 宥 愿<sup>\*2</sup> 林 暢 彦<sup>\*3</sup> 森 下 統 一<sup>\*4</sup>  
 Yusuke KOBAYASHI Hiroyoshi NOTO Nobuhiko HAYASHI Toichi MORISHITA

### Summary

The steel composite slab-decked bridge this paper examines has an economical structure with spans of about 60 to 90 m. This is intended to be a rationalized and weakness-free version of a conventional steel-decked bridge. The steel composite slab deck's characteristics lie between those of RC slab deck, and those of the steel deck. That is, it has greater rigidity and heat capacity, favorable factors for fatigue and frost prevention, than the steel deck, and reduced dead weight, allowing it larger deck spans without prestress, than the RC slab deck. The economical efficiency of the bridge was proved by a trial design.

キーワード：合成構造，合成床版，鋼床版，孔あき鋼板ジベル

### 1. はじめに

公共工事のコスト縮減にむけた研究・開発が各所で盛んである。それは、橋梁建設業界においても例外ではなく、鋼橋では加工工数を削減するため構造を簡略化した合理化桁橋が建設省の標準となった。さらに、日本道路公団においては耐久性の高いPC床版を用いて主桁本数を減らした少数主桁橋が、その経済性から中小スパン橋梁での主流となりつつある。

しかし、PC床版鋼少数主桁橋が経済性に優れる支間は60m程度までであり、60~90m程度の支間においては、PC床版開断面鋼箱桁橋や合理化鋼床版板桁橋などの提案が行われている段階である。今回のRC合成鋼床版橋は、この60~90m程度の支間において経済性に優れる橋梁構造として、従来の鋼床版の合理化および弱点解消を目指したものである。

### 2. RC合成鋼床版橋の特徴

前述のように、RC合成鋼床版橋は従来の鋼床版の合理化および弱点解消を目指した橋梁構造(図-1)であり、以下のような特徴を持っている。

①RC床版と鋼床版の中間の特性を持つ。鋼床版に比べ路盤の剛性ならびに熱容量が大きく、疲労および凍結防止(鋼床版は熱容量が小さいため結露凍結しやすい<sup>1)</sup>)

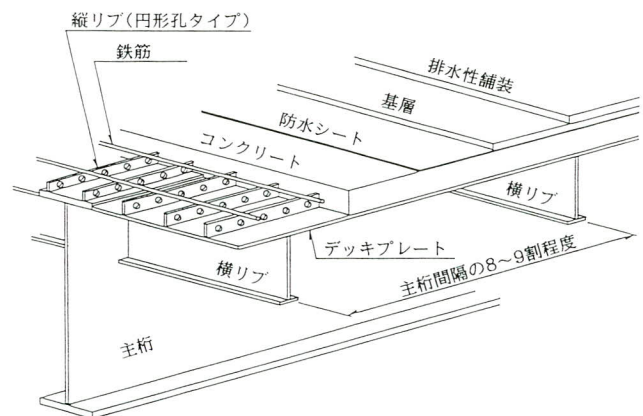


図-1 RC合成鋼床版橋の構造

に有利である。また、RC床版に比べて死荷重を低減でき、プレストレスなしに床版支間を大きくできる。

- ②縦リブをデッキプレート(コンクリートの打設により下面鋼板となるが、検討の経緯からデッキプレートと呼ぶ)の上面に設けるため、横リブのスリットが不要となる。よって、連続溶接が可能となり、溶接の自動化に有利であるとともに、疲労の弱点が減少する。また、鋼材の表面積が減少する利点も生まれる。
- ③鋼製壁高欄を用いることにより、コンクリート打設時の型枠はいっさい不要である。さらに、送り出し工法の場合は桁下・側面の足場も不要となる(コンクリート打設前の自重が軽く、送り出しに有利な橋梁構造である)。

\*<sup>1</sup>技術本部先行技術研究室

\*<sup>2</sup>技術本部先行技術研究室長

\*<sup>3</sup>千葉工場設計部設計一課

\*<sup>4</sup>千葉工場生産技術研究所次長

- ④主桁下フランジは厚板となるため現場継手には溶接が有力であるが、その他の箇所は溶接およびボルト接合が可能であり、採用する架設方法に適した継手形式を選択できる。
- ⑤主桁部と床版部のデッキプレート厚を変えることで、有効幅に対応した効率のよい断面構成が可能である。
- ⑥比較的大きい横リブと床版の剛性により断面形状を保持できるため、支点上以外に横桁は不要である（曲率や斜角が大きい場合は検討を要する）。
- ⑦縦リブの切り込み形状により、ずれ止めを兼用することも可能である。縦リブの形状は、Leonhardtらが提案した孔あき鋼板ジベル<sup>2)</sup>の円形孔の他、より加工の効率化が図れる図-2（寸法は主桁間隔6mの場合）なども考えられる。鋼板を用いたずれ止めは、疲労特性に優れていることも報告されている<sup>3)</sup>。

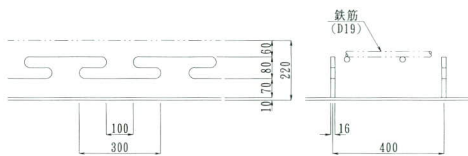


図-2 ずれ止めを兼用する縦リブ形状の一例

一方、このような構造では I 形鋼格子床版の実例などから、縦リブ直上のコンクリートのひび割れ拡大やコンクリート打設時のまわりにくさが指摘される。それは、そこからの水の進入が劣化促進の原因となるためであるが、今回の RC 合成鋼床版はコンクリート厚を確保して縦リブ上部に鉄筋を配置することができ、縦リブ間隔も十分に大きいため、I 形鋼格子床版とは異なる。しかし、主桁ウェブ上は負曲げとなることなどから、次のような防水への配慮をしている。

- ①RC床版上面に防水シートを敷設し遮水する。ゴム化アスファルトシートは弾性係数が低く伸びがよいため、ひび割れ追従性が高く防水効果も高いことが報告されている<sup>4)</sup>。また、プレストレスしない連続合成桁の中間支点付近負曲げ区間において、防水層設置が床版の劣化防止にきわめて有効なことも報告されている<sup>5)</sup>。
- ②RC地覆・壁高欄のひび割れから床版への浸水が指摘されており<sup>4)</sup>、先に述べたように鋼製壁高欄を用いる。鋼製壁高欄の継ぎ目はシール材で水の進入を防ぎ、劣化などにより万一進入した場合もデッキプレート面の排水勾配（高い側はデッキプレートを折る）により滞水を防止する。

- ③防水シートなどの不慮の損傷によるデッキプレート面への水の進入は、デッキプレートの橋軸直角方向継手をボルトとすれば、その隙間から確認でき、損傷箇所の早期発見が可能である。

なお、防水シート上の舗装は走行性のよい排水性舗装を考えており、耐久性・機能性に優れた改質アスファルト混合物の使用を検討している。また、端部の構造も含めた水の処理について十分な検討を行っているが、壁高欄や排水装置の構造が多様なため、ここでの記述は控える。

### 3. 他の構造の橋との比較

#### (1) 比較する各橋梁の構造

図-3 に示す支間割りおよび幅員で RC 合成鋼床版橋の試設計を行った。比較する鋼床版板桁橋と RC 床版非合成鋼板桁橋の断面を、それぞれ図-4, 5 に示す。鋼床版板桁橋の横リブ間隔は 15m, 縦リブ間隔は 2.5m であり、RC 床版非合成鋼板桁橋の横リブ間隔は 15m, 中間対傾構間隔は 5m である。

なお、PC 床版鋼少数主桁橋については、主桁高 3m での断面構成がこの支間割りでは困難なため除外した。

#### (2) 各構造形式の試設計結果

表-1 に RC 合成鋼床版橋の試設計結果を示す。試設計では、コンクリート床版が抵抗しない中間支点上の断面力を低く抑えるため、第 2~4 支点をジャッキダウンすることとし、SM570 材を多用して鋼重の低減を図った。RC 合成鋼床版橋における鋼部材では、表からも分かるように、デッキプレートより縦リブの応力度が大きくなるため、注意が必要である。また、T 荷重載荷時の合成床版の応力度は、床版断面を図-6 と考えた場合、表-2 のようになる。床版コンクリートの設計基準強度は、主桁作用と床版作用を同時に考慮する必要があるため 400 kgf/cm<sup>2</sup>（同時考慮の場合の許容応力度 160kgf/cm<sup>2</sup>）としている。

次に、鋼床版板桁橋と RC 床版非合成鋼板桁橋の試設計結果を、それぞれ表-3, 表-4 に示す。いずれも、SM570 材が主体の断面構成とすると、この支間割りでは活荷重たわみが許容値を超えてしまう。よって、剛性を高めるため低材質を用いて断面を大きくせざるを得ず、SM570 材は中間支点上断面にしか使用していない。

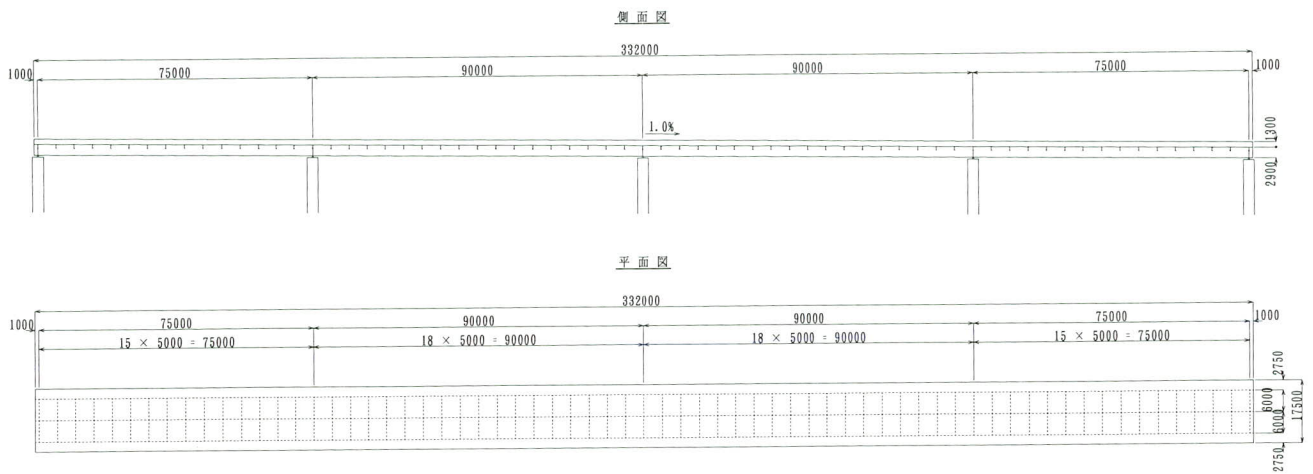


図-3 RC合成鋼床版橋一般図

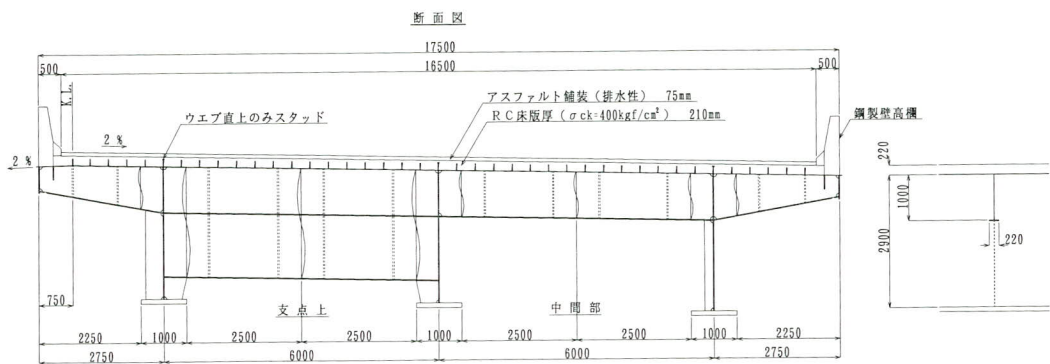


図-4 鋼床版板桁橋断面図

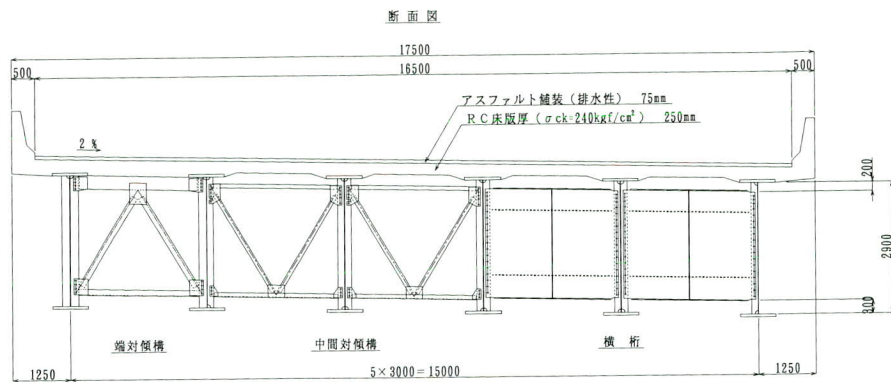


図-5 RC床版非合成板桁橋断面図

表-1 RC合成鋼床版橋の試設計結果

断面位置	1支間中央	2支点上	2支間中央	3支点上	最小断面	
曲げモーメント	前死荷重	2060	-3730	1670	-3560	—
	後死荷重	630	-1140	510	-1090	—
メーソンのト	活荷重	2120	-2240	2090	-2280	—
	ジャッキアップ	580	1450	1300	1140	—
温度変化	温度変化	150	-80	20	-40	—
	乾燥収縮	170	-210	70	-150	—
合計	5710	-5950	5660	-5980	—	
断面	Deck. PL	5750*10	4687*18	5712*10	4789*18	5750*10
	Rib. PL	70*16	62*16	70*16	62*16	70*16
	Web. PL	2900*13	2900*16	2900*13	2900*16	2900*12
	Flg. PL	1000*70	1000*75	1000*72	1000*75	1000*47
材質	Deck. PL	SM490Y	SM490Y	SM490Y	SM490Y	SM400
	Rib. PL	SM490Y	SM490Y	SM490Y	SM490Y	SM400
	Web. PL	SM570	SM570	SM570	SM570	SM490Y
	Flg. PL	SM570	SM570	SM570	SM570	SM490Y
応力	Deck. PL	-1870	2000	-1950	1980	—
	Rib. PL	-1970	2090	-2060	2070	—
	Flg. PL	2470	-2470	2450	-2480	—
コンクリート応力度	-80	—	-70	—	—	
鋼断面積 (m <sup>2</sup> )	0.179	0.237	0.181	0.237	0.153	

注) 曲げモーメントの単位は tf・mである。

応力度の単位は Kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>である。

曲げモーメントは外桁の値であり、外/内は約1.15である。

ジャッキアップ量は第2・第4支点上-1660mm, 第3支点上-2390mmである。

断面は有効断面を示し、鋼断面積は全断面積を示す。

主桁の水平補剛材は1段である。

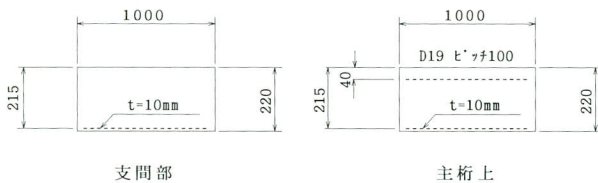


図-6 応力計算時の床版断面

表-2 合成鋼床版の応力度

位置	曲げモーメント (tf・m)	応力度 (kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )		
		コンクリート	デッキプレート	上側鉄筋
支間部	6.50	-54	390	—
主桁上	-6.86	-26	-342	1377

### (3) 経済性の比較

今回の試設計結果から算出した、各構造形式の鋼重およびコンクリート体積を表-5に示す。

表-3 鋼床版板桁橋の試設計結果

断面位置	1支間中央	2支点上	2支間中央	3支点上	最小断面	
曲げモーメント	3590	-4840	3280	-4780	—	
断面	Deck. PL	5750*12	4687*12	5712*12	4789*12	5750*12
	U-Rib(本)	9	7	9	8	9
	Web. PL	3000*12	3000*16	3000*12	3000*16	3000*12
	Flg. PL	1000*53	1000*82	1000*48	1000*81	1000*47
材質	Deck. PL	SM400	SM490Y	SM400	SM490Y	SM400
	U-Rib	SM400	SM490Y	SM400	SM490Y	SM400
	Web. PL	SM490Y	SM570	SM490Y	SM570	SM490Y
	Flg. PL	SM490Y	SM570	SM490Y	SM570	SM490Y
応力	Deck. PL	-1180	1810	-1100	1710	—
	Flg. PL	2000	-1850	1980	-1840	—
鋼断面積 (m <sup>2</sup> )	0.194	0.235	0.189	0.234	0.188	

注) 曲げモーメントの単位は tf・mである。

応力度の単位は Kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>である。

曲げモーメントは外桁の値であり、外/内は約1.20である。

断面は有効断面を示し、鋼断面積は全断面積を示す。

主桁の水平補剛材は1段である。

横桁間隔は15m、横リブ間隔は2.5mである。

U-Ribは320\*240\*6-40を使用。

活荷重たわみを許容値に収めるためSM570は中間支点上断面のみ。

表-4 RC床版非合成鋼板桁橋の試設計結果

断面位置	1支間中央	2支点上	2支間中央	3支点上	最小断面	
曲げモーメント	2980	-4610	2640	-4480	—	
断面	U. Flg. PL	780*58	780*75	780*50	780*72	780*36
	Web. PL	2900*10	2900*12	2900*10	2900*12	2900*10
	L. Flg. PL	780*58	780*75	780*50	780*72	780*36
材質	U. Flg. PL	SM490Y	SM570	SM490Y	SM570	SM490Y
	Web. PL	SM490Y	SM570	SM490Y	SM570	SM490Y
	L. Flg. PL	SM490Y	SM570	SM490Y	SM570	SM490Y
	U. Flg. PL	-2060	2480	-2080	2500	—
応力	L. Flg. PL	2060	-2480	2080	-2500	—
	鋼断面積 (m <sup>2</sup> )	0.119	0.152	0.107	0.147	0.085

注) 曲げモーメントの単位は tf・mである。

応力度の単位は Kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>である。

曲げモーメントは外桁の値であり、外/内は約1.19および1.33である。

主桁の水平補剛材は2段である。

横桁間隔は15m、中間対傾構間隔は5mである。

活荷重たわみを許容値に収めるためSM570は中間支点上断面のみ。

表-5 数量比較

橋長 75+90+90+75=330m 有効幅員 16.5m	総鋼重 (ton)	平米当り鋼重 (kg/m <sup>2</sup> )	コンクリート体積 (m <sup>3</sup> )
RC合成鋼床版橋	1,740	320	1,220
鋼床版板桁橋	1,960	360	—
RC床版非合成鋼板桁橋	2,180	400	1,660

注) 壁高欄の荷重はコンクリートとして見込んでいるが、コンクリート体積には壁高欄を含まない。

RC床版非合成鋼板桁橋は主桁本数が多く、曲げモーメントに対してあまり有効ではないウェブの数が多いため、どうしても鋼重が増える(PC床版鋼少数主桁橋はこれを嫌ったものである)。他の2形式がウェブの水平補剛材を1段とし構造を合理化しているのに対し、RC床版非合成鋼板桁橋では水平補剛材を2段とし重量低減を図ったが、他の構造形式より重くなった。

RC合成鋼床版橋には床版コンクリートの打設があるものの(型枠は不要)、鋼床版板桁橋より鋼重が1割程度軽い。さらに、鋼床版板桁橋は縦リブと横リブの交差部の溶接や縦リブの現場継手部の構造などが複雑なのに対し、RC合成鋼床版橋は縦リブと横リブの交差部がなく加工難易度は低くなる。よって、RC合成鋼床版橋は鋼床版板桁橋より低いトン当たり単価で見積もることができると考えられ、今回比較した他の構造形式より経済的になると思われる。

#### 4. まとめ

今回のRC合成鋼床版橋は従来の鋼床版の合理化および弱点解消(疲労や凍結)を目指した橋梁構造であり、その特徴を述べるとともに、60~90m程度の支間において経済性に優れることを他の構造の橋との比較検討により確認した。このRC合成鋼床版橋が、構造の簡略化という時代の要請に適うものであることは、最近、基本的な発想が別の形で提案された<sup>6)</sup>ことから伺えよう。

さらに経済性を向上させる、ずれ止めを兼用する新しい縦リブの切り込み形状については、今後確認実験が必要と考えている。また、ライフサイクルコストを考え、コンクリートのひび割れ耐力を向上させる膨張コンクリート<sup>7)</sup>の使用も視野に入れている。

最後に、当社では“良い橋を造るには基礎から路面まで橋梁構造物全体を通して考える必要がある。”との認識から、近年、異業種会社を交えた研究会を開いている。今回の成果はその一環としての、舗装の材料メーカーであるニチレキ(株)との共同研究によるものであり、防水層に関するデータなど多くの資料を提供して頂いた。ここに改めて、感謝の意を表する次第である。

#### <参考文献>

- 1) 宮本重信, 室田正雄: 鋼床版橋路面の蓄熱材による凍結抑制 (1, 施工・計測), 第22回日本道路会議論文集, pp. 884~885, 平成9年11月
- 2) Leonhardt, F. et al.: Neues vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, Beton-und Stahlbetonbau, Heft 12, pp. 325~331, 1987
- 3) 平陽兵, 天野玲子, 大塚一雄: 孔あき鋼板ジベルの疲労特性, コンクリート工学年次論文報告集, vol. 19, No. 2, pp. 1503~1508, 1997
- 4) 阪神高速道路管理技術センター: 明日へははたたく技術, pp. 9~10, RC床版防水層の試験施工, 平成10年5月
- 5) 関西道路研究会道路橋調査研究委員会: 連続合成桁の復活に向けて, 平成10年3月
- 6) 祝賢治: RC合成鋼床版桁橋の提案および一試算, 土木学会第53回年次学術講演会概要集, 土木学会, pp. 6~7, 平成10年10月
- 7) 土木学会: コンクリート標準示方書施工編, 19章-膨張コンクリート, pp. 200~208, 平成8年

1998. 10. 31 受付