

福岡高速5号線における合成床版の設計施工について

Design and Construction of Steel Plate-Concrete Composite Deck on FUKUOKA-EXPRESSWAY 5 GOU Line

出口 哲章、野田 康彦、下川 清亮  
Tetunori DEGUCHI, Yasuhiko NODA, Kiyotaka SIMOKAWA

福岡北九州高速道路公社 福岡事務所 設計課 (〒812-0055 福岡市東区東浜2丁目7番53号)

It is one of the important problem to secure safety of the RC slab in urban expressway because many damages have been reported. These damages have been caused by corrosion of the reinforced bar due to water permeated from cracks and fatigue due to the increment of traffic density.

In Fukuoka expressway, open box section girders using composite slabs have been adopted in consideration of durability and landscape. This paper has been reported fabrication and field construction of the composite slab.

Key word : urban expressway, open box section girder, composite slab, field construction

1. はじめに

RC床版の疲労損傷が相次いで報告されており、都市高速においても損傷に伴うコンクリート片の落下などに対する安全性確保は深刻な問題となっている。その損傷の主な原因として、過大輪荷重、交通量の増大による疲労のほか、コンクリート床版のクラックから浸透した水による鉄筋の腐食が床版の損傷につながり、床版の欠陥となっている。

福岡高速5号線(延長18.1km)において、コスト削減および橋梁全体の耐久性を考慮し、景観性にも配慮した橋梁構造形式として、1, 2工区の4kmを、長支間対応の鋼・コンクリート合成床版を用いた多径間連続合成開断面箱桁を採用した。

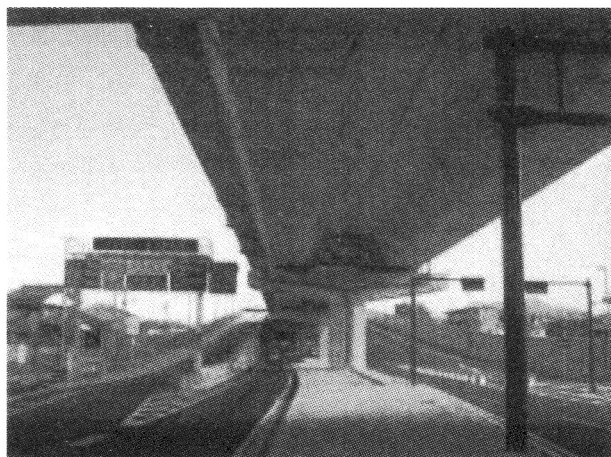


写真-1 多径間連続合成開断面箱桁完成写真

従来の高架橋では、排水管、点検通路、電覧管設備等は桁下に露出しているが、排水柵を鋼製排水溝に置き換え、点検通路、電覧管設備等は桁内に設置、防食性に優

れた垂鉛アルミ溶射を採用したことで、塗装用足場の吊金具を省略したことで、景観的にも桁下がすっきりした構造となり、周辺環境にマッチした高架構造物になっている。(写真-1)

また、3, 4工区についても開断面箱桁で培った合成床版の技術を使って狭小箱桁(スレンダーボックス桁)を現在設計施工中である。

2. 構造概要

合成床版開断面箱桁橋の構造形状(図-1)は、桁高2.6mの逆台形開断面箱桁の上下線分離2主桁構造で、床版厚260mmの鋼・コンクリート合成床版を採用している。

開断面箱桁の断面形状は逆台形で、上フランジがオープンのため、ねじり剛性が小さく架設時は不安定な状態となる。長支間対応の合成床版の底鋼板設置により、擬似箱断面を構成することで架設時の安全性も向上した。

底版下面に配置した底鋼板は、型枠として用いることだけでなく、鋼造部材として断面にも考慮した設計を行っている。外面には溶射を採用したことで、吊足場などの作業床の設置が不要で、安全に施工ができ工期の短縮にもなっている。

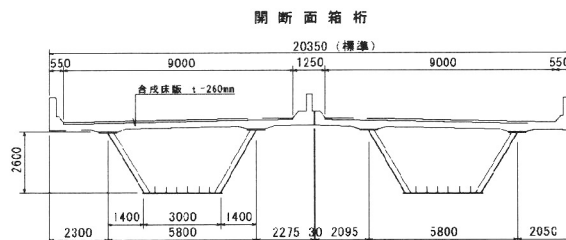


図-1 開断面箱桁標準断面図

### 1) 主桁構造

主桁の現地での組立は、L字分割と、パネルの2種類があり、特徴として、L字分割の場合は主要部材を製作工場で組立て、現場で下フランジ中央の縦シームをHTBで添接するため、部材の精度が良くキャンパー管理が容易で、現場作業が少ない。

また、パネル工法は輸送ブロック長を長くすることが可能で、輸送効率が優れているが、腹板と下フランジの接合部を現場ですみ肉溶接を行うため、工場で製作するよりも、部材の精度管理が難しく、組立による工程が長くなる。添接板が無い場合、景観的としてすっきりした桁となっている。

### 2) 鋼・コンクリート合成床版

1, 2工区の鋼上部工は、開断面鋼箱桁と合成床版を組み合わせた「連続合成開断面鋼箱桁」形式の橋梁として設計を行っており、合成床版は、施工面からもより合理的な構造形式であることを基本に、構造面、強度・耐久性、剛性、設計・施工において、次のような性能要求により規定している。

- ①床版を軽量化した鋼板パネル状態で架設し、現場にてコンクリート打設とする。
- ②鋼桁架設時に合成床版の型枠とすると共に鋼桁上フランジと結合され、閉断面を形成することによりねじり剛性を高めることで、施工時の安全性が確保できる。
- ③疲労耐久性の評価として、公的機関での輪荷重移動載荷試験（写真-2）を実施し、終局状態に至るまで分離しないことで、床版の耐久性と、床版の活荷重たわみがL/2000以下であることを確認する。

など以上のことを満足する製品として（表-1）の合成床版を採用した。

表-1 採用の合成床版

合成床版名	製作会社	備考
トラス型ダブル合成床版	川崎重工業(株)	
SCデッキ	川田工業(株)	
TRC床版	住友金属工業(株)	
パワースラブ	(株)横河ブリッジ	
MESLAB	三井造船(株)	
Uリブ合成床版	日本鋼管(株)	
チャンネルビーム合成床版	石川島播磨重工業(株)	
サンドイッチ床版	住友金属工業(株)	拡幅部
パイプスラブ	駒井鉄工(株)	追加分
QSスラブ	(株)宮地鉄工所	
リバーデッキ	川鉄橋梁鉄構(株)	
ADS床版	(株)東京鉄骨橋梁	

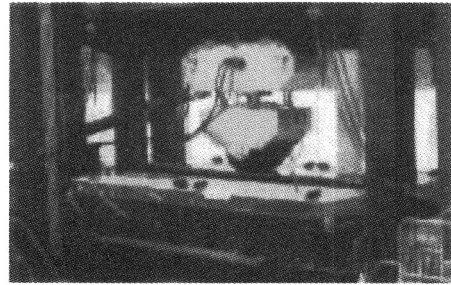


写真-2 輪荷重移動載荷試験

### 3) 亜鉛アルミ溶射

鋼橋の防錆対策として桁外面について、ライフサイクルコスト及び景観を考慮し、耐用年数が重防食塗装や溶融亜鉛メッキと同等以上の亜鉛アルミ溶射を採用した。

溶射はガスフレーム溶射機で金属を高温で溶かし圧縮空気を吹付ける方法と、電気を用いたアーク溶射機で行う方法などがある。

溶射吹付け後の皮膜層には、空気や炭酸ガスが残存しており、そのままでは溶射膜の膨れや亀裂による剥離の原因にもなるため、封孔処理を行う必要がある。封孔処理剤を溶射皮膜に含浸させることで溶射皮膜が強化される。

従来は溶射皮膜の上に景観を考慮し塗装により着色している橋梁もあるが、今回初めての試みとして封孔処理剤に顔料を加えて塗布したことで、将来の塗装の塗り替えを行う必要がなくなり、防錆性に優れたメンテナンスフリーの橋梁として将来の管理コストが低減できる。

### 4) 橋面排水

#### ①鋼製排水溝

景観等を考慮して、従来の排水柵形式を見直し、桁下の横引き配水管を極力設けないようにするために、橋面上に鋼製排水溝を設置した。

鋼製排水溝（図-2）は排水性舗装の浸透水を直接取り込み、雨水等の床版面への浸透を最小限に抑えることができる。

鋼製排水溝の採用にあたり、実際の施工手順および排水溝継ぎ手部からの漏水等について、実物大の供試体により、鋼製排水溝と床版面の止水状況や施工性の確認を行った。

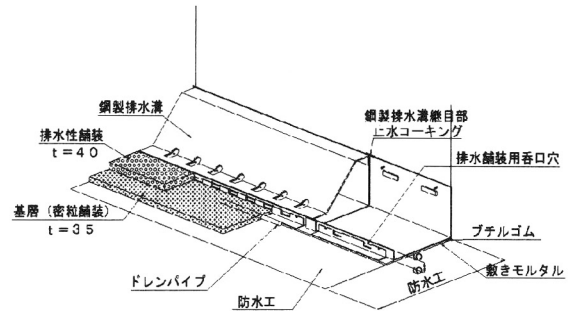


図-2 鋼製排水溝構造図

## ②橋面防水工

コンクリート床版は、劣化要因となる水や塩化物の浸透により耐久性が低下し、交通量等の増大による繰返し荷重の影響により疲労の損傷が加速する。合成床版の性能規定により、長期の耐久性は輪荷重移動載荷試験により検証は行っているが、雨水などの浸透を防ぐために、高機能防水工を行っている。さらに、舗装への浸透水については、鋼製排水溝の横に導水管を引き、桁の端部にスラブドレーン（水抜き穴）を設置し排水する。また、将来のメンテ用に下鋼板にモニタリング孔を設置し管理を行うこととした。

防水材料の選定については、性能要求項目の規定値（表-2）に満足した材料を6社（表-3）を承認した。

表-2 要求項目と規格値

要求項目	規定値	適用
引張接着性能	0.6(1.2)N/mm <sup>2</sup> 以上	油圧試験機
せん断接着性能	0.15(0.8)N/mm <sup>2</sup> 以上	
せん断接着伸び性能	1(0.5)%以上	
防水性能	漏水しないこと	JHERI 410-10

表-3 承認を受けている防水工法と製品名

工法名	製品名	分類	形態	備考
ヒーオーテック TU 工法	ヒーオーテック TU	合成樹脂系	塗装系	
ホットメルト床版防水工	グリップコート wp	合成樹脂系	塗装系	
三井防水システム APR 工法	APR150J	アスファルト系	シート系	標準部
	リムスプレー-J	合成樹脂系	塗装系	端部
WG 工法	フアラマックス 500	合成樹脂系	塗装系	
パレタ ES システム工法	パレタ ES	合成樹脂系	塗装系	
PAE 防水工法	PAE コート	合成樹脂系	塗装系	

## 3. 施工

### 1) 架設（桁・合成床版）

上部工の架設箇所は、平面の福岡外環状道路40m幅が未整備区間のため、十分な作業ヤードが確保できる。

よって、現地でL字分割工法の桁組み立てや、パネル工法の溶接等による組み立てを行っており、組立精度が出来上がり精度となるため、高さの許容値±20mmと従来の基準値を若干緩和した規定により管理を行っている。

主桁架設のキャンパー（計画高）誤差は従来桁であれば、床版ハンチにて誤差を調整していましたが、今回の

合成床版では、架設時の誤差吸収ができないため、そのまま、床版コンクリートの施工となる。

よって、架設での誤差と、合成床版の出来形による誤差よって舗装厚を確保するため、一部計画高さの修正を行い舗装を行った。（図-3）参照

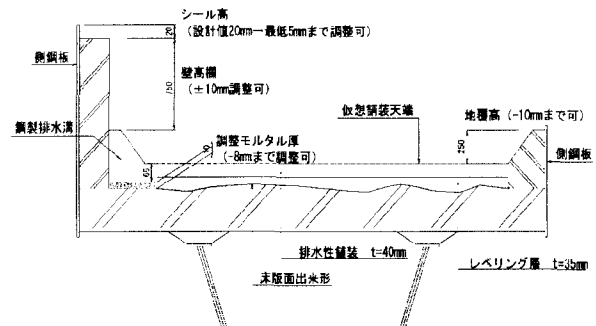


図-3 橋面部概要図

コンクリート打設での安全性および鉄筋コンクリート版の厚さの精度確保のために、合成前荷重に対する鋼板パネルの許容たわみをL/500と規定しているが、製作での誤差等の精度により、一部許容値を超え問題が生じた。今後は許容たわみと製作誤差を考慮して、必ず製作キャンパーを付け、さらに製品としての製作精度管理基準を設け管理することとした。

各種合成床版の構造形式はさまざまあり、補強部材の形状は、コンクリートが充填でき、パイプレータ等により十分な締め固めできることが検証されている。しかし縦断勾配の急なところには適さない製品もあり、補強部材の向きや形状、空気抜きなど検討する必要がある。

また、鉄筋量が非常に多い製品と少ない製品があり、当然少ない方が、現場の作業性もよく工程の短縮になる。

住居地区での施工ともなると、補強部材に下筋を差し込む際など配筋するとき下鋼板等に共鳴して騒音の苦情があり、苦勞したケースもあった。

合成床版を工場製作する際に、鉄筋量の多少に係わらずできるだけ多くの鉄筋を、工場で設置できることが望ましい。

各製品の中で、主部材の構造が単純でかつ橋軸直角方向に剛性があり、下筋の鉄筋がほとんどない形式の合成床版は施工性に優れていた。

壁高欄に側鋼板を採用したことで、床版施工のための吊り足場、朝顔、床版型枠の支保工の設置が不要となり、それらの設置解体時の危険性が回避でき、施工時間短縮により、安全で、工程の進捗に貢献している。

さらに、床版施工時の木製型枠組立解体による騒音、塵材、粉塵、ごみなどの産業廃棄物の発生がなく環境、衛生面でも貢献している。

## 2) 亜鉛アルミ溶射

桁及び合成床版下面には、工場で溶射を行っているため、現場での足場が省略でき、工期短縮が可能であると共に、現場施工に対する安全性が向上する。

今回、彩色の封孔処理剤を採用したことで、若干の色むらが発生したため、第一封孔、第二封孔処理に分けて塗布するなどの改善を行った。

## 3) 橋面工（鋼製排水溝・防水工）

鋼製排水溝と床版面の調整モルタル部への浸透水による床版面への影響を考慮し、鋼製排水溝を設置する前に防水工を行う必要がある。全幅員に防水工を行えば、地覆、高欄の施工時に防水工を傷める恐れがあることから、鋼製排水溝部のみ先行して防水工を行うため、舗設時に行う防水工との付着について、剥離試験を行い防水工を選定した。

## 4) 舗装工

舗装厚 75 mm の内訳として基層のレベリング舗装 35 mm（密粒アスコン）と表層の排水性舗装 40 mm（粗粒アスコン）で構成している。

橋面については計画高さにて管理を行っており、床版面の高さの出来により、所定の表層 40 mm の舗装厚確保するため、基層にて不陸の修正を行うこととしている。

桁架設、合成床版、床版コンクリート打設等の誤差の蓄積により、所定の舗装厚 35 mm の確保ができない。

また、厚くなることでの死荷重の増による橋梁への影響を考慮し、一部計画高さの修正により舗設を行っている。

1 工区を平成 16 年 5 月（一部平成 15 年 5 月）に供用、2 工区は平成 18 年 3 月に供用した。その供用路線において既設の舗装の剥離が一部発生しており、特に鋼製排水溝に近い端部に集中している傾向にある。原因は明確ではないが、下記の理由が考えられる。

- ①防水工の接着剤が舗設時の舗装温度 120℃で溶けてなかったため舗装との付着に問題。
- ②床版面に防水工をしたため、床版に含まれる水分が温度上昇によって蒸発し、防水層が膨れるプリスタリングによる影響。
- ③床版面の出来形の影響で、舗装厚不足による舗装の強度に問題。
- ④舗装の転圧において、鋼製排水溝が変形する恐れがあるため、その周辺の転圧不足。
- ⑤剥離部分が湿潤状態のケースが多く、床版面が下がっているところに滞水している。原因は出来形誤差による施工不良。

これらの問題点は合成床版の耐久性に大きな影響を与えるため、防水工の製品の見直し、鋼製排水溝の補強と、舗装構成の見直しとして、基層のレベリング舗装（密粒アスコン）をマスタック舗装（不透水性）に見直すなど合成床版も含め、今後の 3、4 工区の狭小箱桁橋の設計施工に反映できるよう検討を行っている。

## 5. 狭小箱桁橋

1、2 工区は、都市高速直下の街路が未施工のため、都市高速の施工が自由にできるが、一方、3、4 工区堤～福重間は、都市高速直下の街路が供用しているため、施工ヤードの確保が難しく開断面箱桁橋の施工が困難である。このような状況下では、架設の面から狭小箱桁（スレンダーボックス）が有効である。

製作において、バブル経済以前とは異なり、材料費より人件費が高くなったため、従来の箱桁橋を簡素化することで、製作コストが抑えられる。この点に着目して、材片数を減らすことを考えたのが狭小箱桁である。

この狭小箱桁は、開断面箱桁橋で培った合成床版の技術を利用し、分配横桁を省略することで実現可能となった。

また、箱桁断面を小型化してさらに鋼板を厚板化することで、座屈を防止するための補剛材の数を大幅に減らした。

現在、設計中の 3 工区を含め、性能規定を満足した合成床版として、新たに 4 社を追加した。

狭小箱桁の合成床版は開断面箱桁橋と異なり、往復一体構造の 3 主桁で、各主桁のたわみ量による誤差が合成床版の出来形に直接影響するため、今後合成床版のハンチ部等で吸収するなど、走行性に配慮した設計施工等の検討を行う必要がある。

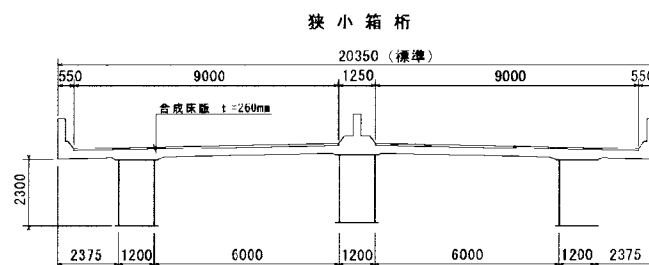


図-4 狭小箱桁標準断面図

## 6. あとがき

合成床版開断面箱桁の外面に重防食の亜鉛アルミ溶射を採用し、封孔処理剤に顔料を加えたことで、建設・維持管理費のトータルコストの縮減を図った。施工面では吊足場、型枠などの設置が不要になり、安全性に優れ、工期の短縮になる。

また、雨水等が床版内へ浸透することを防ぐため、防水工および鋼製排水溝を設置したことで、耐久性に優れた合成床版となり、合理化橋としてますます需要が増えることと思われる。

今回の施工では、課題が若干残っているが、本報告がこれからの設計施工に反映できれば幸いである。