

# 床版支間が8mを超える長支間合成床版 (QSスラブ) の設計

## Design of Long-Span Composite Slab Exceeding 8 M (QS Slab)

相沢 太志\*<sup>1</sup> 小沼 靖己\*<sup>2</sup> 亀子 学\*<sup>1</sup>  
 Taishi AIZAWA Yasumi KONUMA Manabu KAMEKO

### Summary

A composite slab comprising steel and concrete was adopted for the Katae viaduct above Fukuoka Expressway Route 5. The slab span of this bridge is a maximum of 8.3 m. According to the composite slab design-build manual prepared by Fukuoka-Kitakyushu Expressway Public Corporation, the calculation formula for bending moment due to T loads on the slab complies with the “Steel Structure Design Guideline PART B: Composite Structures” issued by the Japan Society of Civil Engineers. However, this calculation formula does not apply in a case where the slab span exceeds 8 m. Also, the applicable scope of the bending moment calculation formula for the expressway bridge specifications is a slab span of up to 6 m. Therefore, design bending moment due to live load of the slab must be studied when designing this bridge. We conducted FEM analysis and verified the propriety of the study results based on the relationship between the Guideline formula and the specifications for the expressway bridge. This article reports the results of studies on the design bending moment of a long-span slab exceeding 8 m.

キーワード：合成床版、FEM解析、曲げモーメント、スレンダーボックス構造

### 1. はじめに

福岡高速5号線は、月隈JCTから福岡市の西南部を経

由し福重JCTに至る延長18.1kmの路線である。本線は南片江交差点で立体交差する福岡市城南区南片江地内(5P196～5P200)に位置し、4径間連続合成鋼狭小箱桁

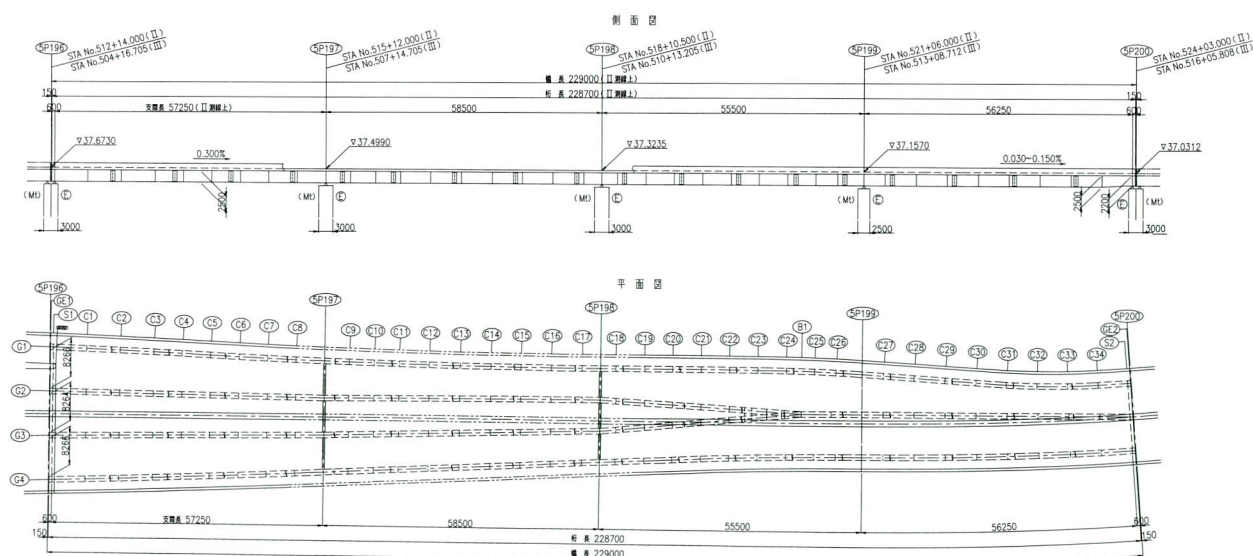


図-1 構造一般図

\*<sup>1</sup>技術本部設計部設計グループ

\*<sup>2</sup>生産本部千葉工場生産設計グループ

橋からなる全長229mの区間である。本線部の構造一般図を図-1に示す。

本線部では、建設コスト削減の観点から、合成床版を用い中間横桁を省略した無補剛狭小箱桁形式であるスレンダーボックス構造<sup>1)</sup>が採用されている。スレンダーボックス構造では、合成床版に荷重分配機能を持たせるため合成床版の設計は床版としての作用、主桁の断面の一部としての作用とともに、仮想横桁としての荷重分配作用についてもそれぞれ安全であることを照査しなければならない。

また、本橋は道路幅員の変化に伴って床版支間が $0 < L \leq 8.3\text{m}$ に変化する。福岡北九州高速道路公社の「合成床版設計・施工マニュアル(案)」(以下、公社マニュアル<sup>2)</sup>)は、床版の活荷重曲げモーメント算出式は「鋼構造物設計指針PART B 合成構造物(土木学会)<sup>3)</sup>」(以下、PART B式)に準拠しており、PART B式の適用床版支間は $0 < L \leq 8\text{m}$ の範囲であることから床版支間長が8mを超える場合は適用範囲外となる。一方、道路橋示方書Ⅱ<sup>4)</sup>鋼橋編8.3.4の床版の設計曲げモーメント式(以下、

道示式)は、床版支間が $0 < L \leq 6\text{m}$ の場合を対象としており、床版支間長が6mを超える範囲は適用外となる。また、主桁形式が狭小箱桁であることからこれまでの床版の設計曲げモーメント算出において想定された主桁配置とは異なり、公社マニュアルの曲げモーメント算出式をただちに適用できないという問題点が発生した。

そこで本稿では床版支間および床版厚が変化することに伴う出来高管理の対策として、今回QSスラブで採用した特徴的な構造を紹介するとともに、8mを超える長支間床版の活荷重曲げモーメントについて、スレンダーボックス構造の場合のFEM解析による検討結果を報告する。

## 2. 合成床版の構造詳細

### (1) 床版厚の変化方法

本橋では床版支間長が徐々に変化するため、床版支間の変化に応じて床版厚も変化することとなる。床版厚を10mm単位で変化させた場合は図-2に示すように断面

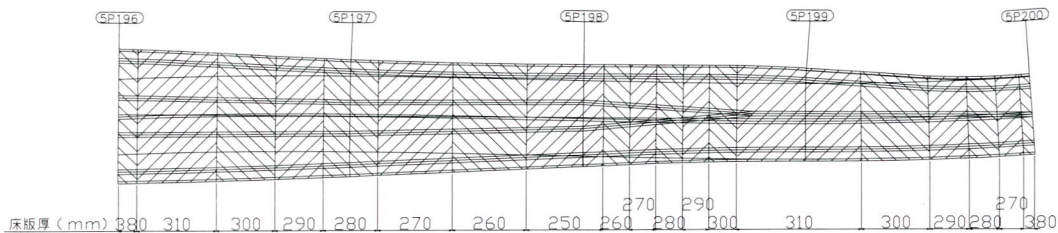


図-2 断面変化図(床版厚を10mm単位で変化させた場合)

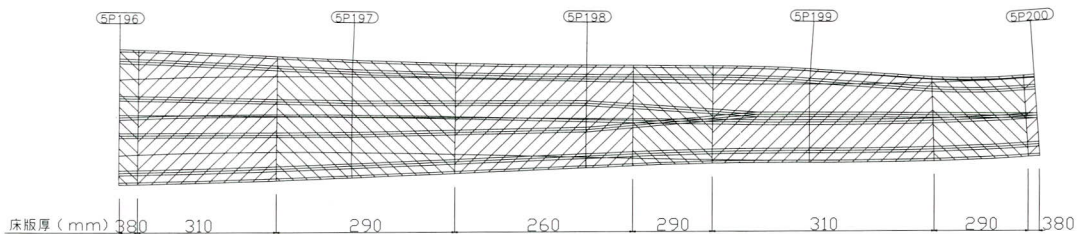


図-3 断面変化図(床版厚を260mm, 290mm, 310mmに限定した場合)

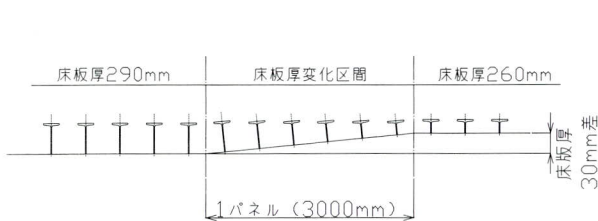


図-4 パネル間調整方式

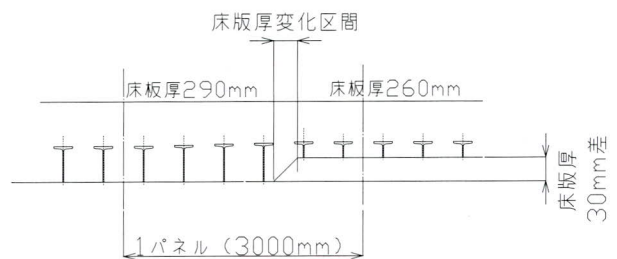


図-5 リブ間調整方式



変化が19断面と変化数が多いため、本橋では床板厚を260mm, 290mm, 310mm および桁端部打下部の4断面に限定した場合でも合成床版の荷重増は2.5%と微小であることから、断面数を図-3に示すように8断面に抑えることとした。

また床板厚の変化方法については、図-4に示すような合成床版1パネルで床板厚を変化させるパネル間調整方式と図-5に示すような合成床版パネル内のリブ間で床板厚を変化させるリブ間調整方式の2通りの変化方法が考えられたが、製作性および景観性に勝るパネル間調整方式を採用した。

## (2) 床版の移動量の調整方法

本床版では施工誤差調整用に床板パネルの据付位置の調整を上下左右方向にそれぞれ±30mm確保できるような構造とした。主桁とハンチプレートとの間に高さ30mmのウレタンシール材を設けることで高さ方向の調整を可能にし、水平方向には図-6に示すように主桁に溶接さ

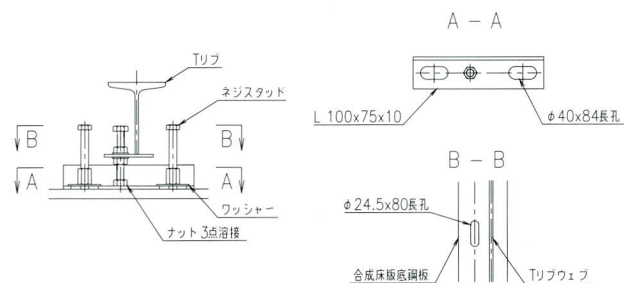


図-6 床版高さおよび水平方向の調整構造

れたねじ付きスタッドで合成床版底鋼板にボルトで固定されたL形鋼を押さえ込む構造とすることでL形鋼および底鋼板にあけた長孔により所定の移動量を確保できるようにした。

## 3. FEM解析による曲げモーメント式の算出<sup>5)</sup>

### (1) FEM解析の目的

PART B式および道示式による活荷重曲げモーメント値が本床版の設計において妥当な値であることを確認するために3次元FEM解析を実施し、両算出式との比較を行った。解析は汎用有限要素法プログラム「MSC.MARC Version2003」を使用している。

### (2) 解析条件

解析条件を表-1に示す。床版支間は最大である8.3m

表-1 解析条件

支間長	58.5+58.5m	
床版支間	8.3m	
床版厚	320mm (底鋼板を含む)	
底鋼板	モデル化せず	
鋼桁	上フランジ	28mm
	ウェブ	21mm
	下フランジ	40mm
使用要素	床版	4節点厚肉シェル要素
	ハンチ	8節点3次元ソリッド要素
	鋼桁	4節点厚肉シェル要素
コンクリートの材料特性	ヤング係数	$E_c=2.0 \times 10^4 \text{N/mm}^2$
	ポアソン比	$\nu=0.167$
鋼の材料特性	ヤング係数	$E_c=2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$
	ポアソン比	$\nu=0.3$
荷重	T荷重 (1輪あたり100kN)	
支点条件	支点上の鋼下フランジを単純支持 (1-沓を想定)	

とし、主桁の支間は4径間のうち58.5m + 58.5m2径間モデルとした。また、主桁の拘束条件が床版に与える影響を考慮するために床版だけでなく桁、ハンチについてもモデル化した。荷重はT荷重を最も不利となるように載荷し、載荷幅は舗装は考慮せずに500mm×200mmとした。なお、本線は上下線一体構造のため支間中央部に中央分離帯を設置するが、本解析については中央分離帯を考慮せずに荷重載荷位置を決定した。解析モデルを図-7に示す。

### (3) 解析結果

FEM解析による床版の曲げモーメント分布を図-8、図-9に示す。中間支間部に着目したケースでは曲げモーメントの最大値は84.5kN・m/mとなり、支間中央で最大となった。また、中間支点上に着目したケースでは主桁腹板およびハンチ端部の位置で曲げモーメントが大きくなり、最大値はハンチ端部で-53.8kN・m/mとなった。

次に、道示式、PART B式の支間長一曲げモーメント関係を図-10、図-11に示す。中間支間部では解析結果による曲げモーメントはPART B式をわずかに下回っていることがわかる。また、中間支点上では解析結果はPART B式を大きく下回る結果となった。

中間支点上で解析結果がPART B式を大きく下回った理由としては、ハンチをモデル化したことにより通常では床版の支点となる主桁腹板位置の剛性が高くなっていること、スレンダーボックス構造のため床版支間が不均等となり、隣接径間に載荷されたT加重の影響が大きく

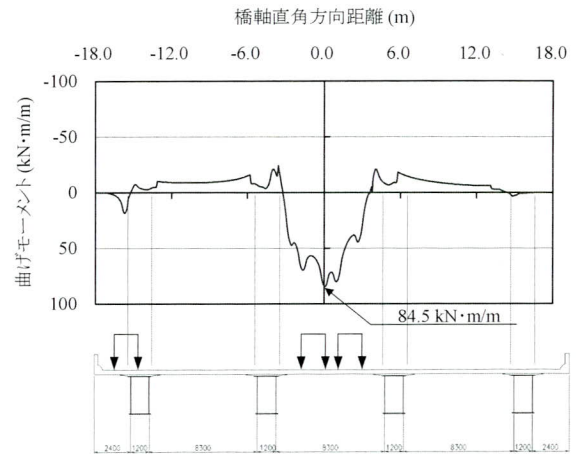
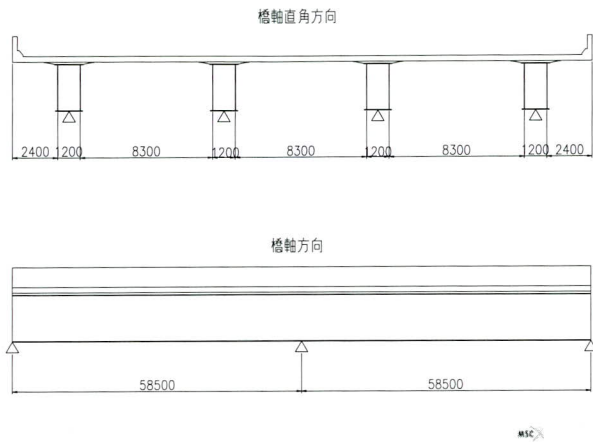
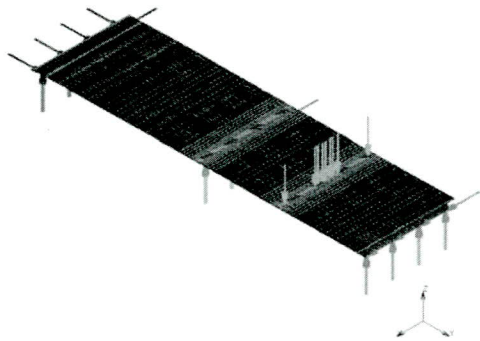


図-8 床版曲げモーメント分布図（支間部着目ケース）



(a) 主桁支間部着目ケース

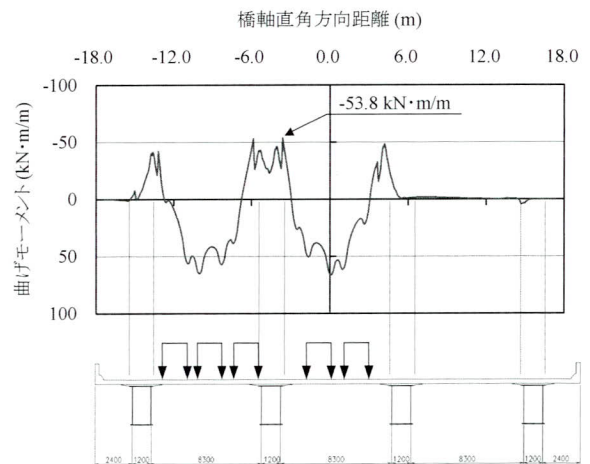
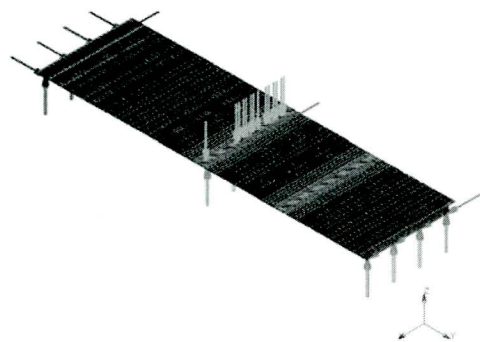


図-9 床版曲げモーメント分布図（支点上着目ケース）



(b) 中間支点上着目ケース

図-7 解析モデル

あらわれないことなどが考えられる。

#### 4. まとめ

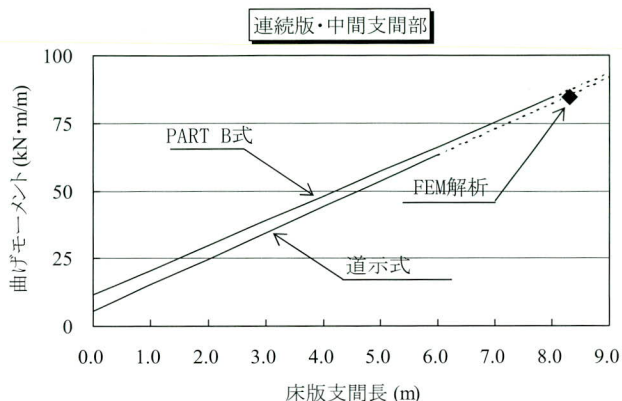
細幅箱桁に合成床版を用いた構造は、これまで床版の設計曲げモーメント算出において想定された床版の支持

条件、あるいは床版支間割りが異なることから、公社マニュアルの根拠となっているPART B式に示された設計曲げモーメント式との整合性を確認するために、FEM解析による検討を行った。解析により得られた結果を以下に示す。

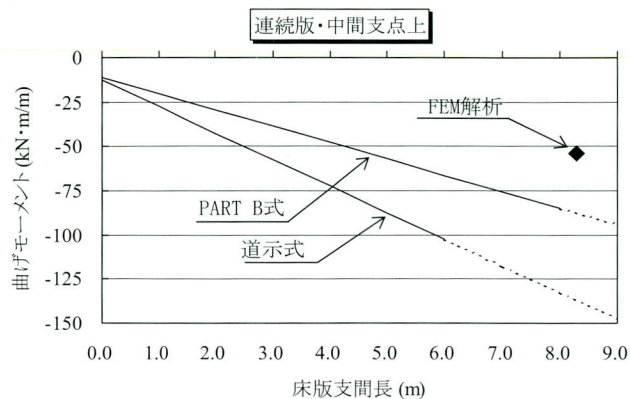
- ・本橋のFEM解析で算出した作用曲げモーメントは、支間部および中間支点上とも現行の設計曲げモーメントであるPART B式の値を下回る結果となった。
- ・道示式の曲げモーメント式との比較では、支間部ではほぼ同等と考えられるが、支点上の値はかなりの差があり大きな余裕がある。

床版の耐荷力および疲労耐久性など、床版として要求される所要の性能を満足するためには、適切な方法によって断面力を算出し設計照査を行う必要がある。今回実施したFEM解析による検討から、床版支間8mを超える片江高架橋の設計は、現行のマニュアルに基づくことを提案した。道路橋示方書では余裕量や床版支間長によっ





図一10 中間支間部の支間長—曲げモーメント関係  
(衝撃考慮、支間長による割増し無視)



図一11 中間支点上の支間長—曲げモーメント関係  
(衝撃考慮、支間長による割増し無視)

て割増し係数を考慮するなど安全性を確保するための配慮がなされている。本橋の設計においては長支間の場合のT荷重の載荷確率など必要以上の安全率によって不経済とならないように土木学会PART B式を延長することとしている。このような余裕量の考え方については今後の課題の一つと考える。本報告が今後建設される長支間合成床版を使用した橋梁の設計の参考となれば幸いである。

最後に、本検討にあたりご指導いただいた福岡北九州高速道路公社をはじめとする関係者の方々に深く感謝申し上げます。

### <参考文献>

- 1) 福岡北九州高速道路公社：鋼狭小箱桁橋の設計手引き（案），平成17年3月
- 2) 土木学会：鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物，平成9年版，pp.89
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ・Ⅱ，平成14年3月，pp.259
- 4) 玉越，川畑：鋼道路橋床版の設計と留意点—道路橋示方書改定について—，第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集，pp.1～pp.8，平成15年6月，土木学会

2007.2.2 受付

### グラビア写真説明

#### 有松高架橋

安藤広重の浮世絵「東海道五十三次」の宿場町、鳴海宿で有名な有松絞りの歴史や文化が残された面影のある土地に有松高架橋は姿を現しつつあります。

路線は、東名阪自動車道（一般部は国道302号線）です。国道1号線と名古屋鉄道本線を跨ぐことから大型搬送車での一括架設、送り出し架設、ペント架設ありと高度な架設技術を求められています。製作では、現場溶接の品質管理を評価項目にされ安全に心がけ高品質な製品を目指しています。

また、現場付近には、織田信長が今川義元を奇襲にて破った「桶狭間の戦い」の跡地公園もあり、昨年12月には有松PR館もオープンしていますのでお近くにお越しの際は是非お立ち寄りください。（関根 弘之）

#### 潮新町線橋梁上部工事

高知市が計画を進める「高知広域都市計画道路潮新町線」の排水池上に架かる橋梁に、国内でも初となるFRP合成床版橋が採用されました。FRPとは強化繊維と樹脂からなる複合材料であり、耐食性、軽量、強度に優れた材料です。

本橋の架設位置は海上である為、潮の干満により、桁・足場などが海面に浸かるという大変厳しい環境条件の中での作業となりました。今現在、2期工事としまして、残りの部分の架設工事を進めております。（淵上 哲也）