

合成床版「QS Slab」適用時の桁配置に関する提案

Proposals for Arrangement of Girder with Composite Slab (QS Slab)

奥村 恭司*¹ 儀保 陽子*²
 Kyoji OKUMURA Yoko GIBO

Summary

Steel-concrete composite slabs have been increasingly adopted for rationalized bridges such as bridges with fewer steel girders. The authors do not think that it is a substitute for PC slab, but consider that a method of using its structural characteristics will be made available. The authors focus on the possibility that additional bending moment by difference of stiffness of support girders, which is disadvantageous in a concrete-based slab, is advantageous for a steel-concrete composite with a bottom steel plate which is effective in positive bending. Based on this idea, the authors propose the optimum arrangement of girders with QS Slab.

キーワード：少数桁橋、付加曲げモーメント

1. まえがき

鋼橋の合理化橋梁の代表である少数I桁橋は、当初PC床版との組合せが前提であったが、軽量化が図れること、施工性に優れ、本体構造への制約が少ないなどのメリットにより鋼・コンクリート合成床版が採用される事例が増えている。床版形式の検討段階では、一般的にRC床版の他に長支間対応床版として、PC床版、合成床版を並べその得失を比較することになるが、両者の桁配置は同じままとされる場合が多い。この場合、最初に普及したのがPC床版であるという歴史的経緯から基本的にPC床版の桁配置に合成床版を当てはめることが多いと思われる。

しかしながら、PC床版と合成床版ではその耐荷機構が大きく異なっており、本来合成床版に最適な桁配置はPC床版とは異なるはずである。PC床版はプレストレスにより発生する引っ張り応力を相殺できるため、張り出し部、中間支点部などの負曲げ部への対応性が高い一方、正曲げ区間に対しては、支間長が大きくなると死荷重応力が増えその分さらにプレストレス量を増す必要がある。逆に合成床版は、張り出し部、負曲げ部への対応は基本的にRC床版と遜色ないが、正曲げ区間に対しては、引張側を底鋼板が、圧縮側をコンクリートが受け持つ合成機構により支間長に応じて床版厚を増す度合いが少なく済む。さらに、コンクリート系の床版では不利とな

る支持桁の不等沈下が中間支点部曲げモーメントを低減するため、底鋼板の応力に余裕があれば、上面のコンクリートに発生する引張応力の低減が可能となる。

そこで、合成床版の特性を生かした桁配置として主桁間に剛性の比較的小さい（経済的な）縦桁を配置し、張り出し長をPC床版よりやや小さくした少数桁橋を提案する。

2. 検討断面

検討する幅員構成は、図-1に示す2車線の道路とする。PC床版の場合の桁配置は、床版支間長を6.0mとした2主桁橋で床版厚32cmの案が標準的と考えられる。

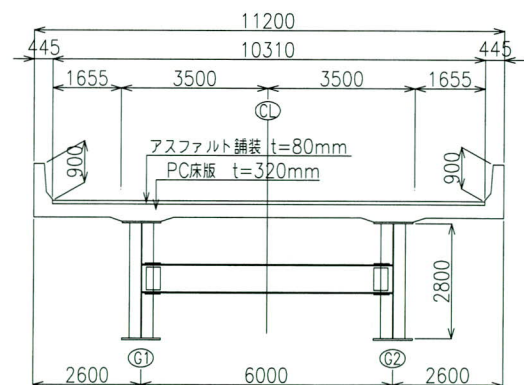


図-1 断面図 (PC床版の場合)

*¹技術本部設計部設計二課課長

*²技術本部設計部設計二課

3. 比較設計

(1) 比較設計条件

平均支間長 52.0m の合成床版を有する総幅員 11.2m の 3 径間連続非合成 2 主桁橋を想定して比較設計を試みた。

桁配置は PC 床版に準じた主桁間隔 6.0m で縦桁無しのケースと主桁間隔 7.0m で縦桁有り・無しの 2 ケースの計 3 ケースとした。横桁間隔は全ケースとも 6.0m とした。

床版厚 hc は、鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物第 3 編 7.5 に定めるコンクリート厚さに底鋼板の厚さを考慮した式

$$hc = 2.5L + 11 \quad (L : T \text{ 荷重に対する床版の支間長 (m)})$$

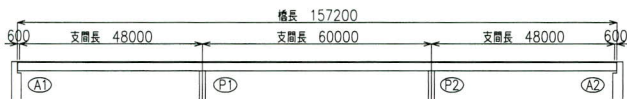
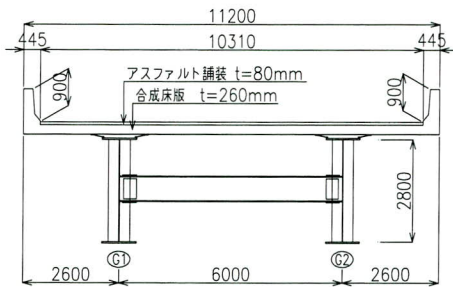
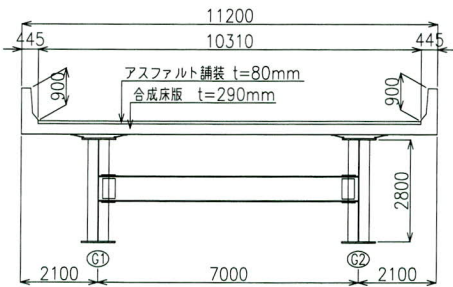


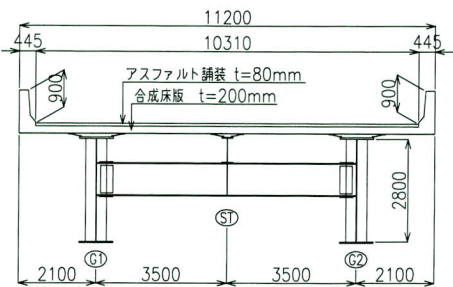
図-2 側面図



Case1. 縦桁なし (床版支間 6.0m)



Case2. 縦桁なし (床版支間 7.0m)



Case3. 縦桁あり (床版支間 3.5m)

図-3 断面図

によりそれぞれ決定した。主桁は腹板高さ 2.8m とし水平補剛材 1 段とし、フランジ幅・板厚はそれぞれ最適となるよう決定した。なお、使用材質は SM490Y 材までとした。

(2) 比較設計結果

比較設計数量の結果を表-1 に示す。Case3 については他の 2 ケースと比較して、縦桁を設けるため材片数 12 ~ 15 %、部材数 28 %、塗装面積 19 % 増しとなった。しかし、Case3 は床版支間が小さく床版厚を薄くすることができるため死荷重が低減され、鋼桁重量は最も小さくなった。結果、工事費についてはどのケースも大差がない。

表-1 鋼桁比較設計数量

| 設計のケース | Case1 | Case2 | Case3 |
|------------------------|---------|---------|---------|
| 縦桁の有無 | 無 | 無 | 有 |
| 床版支間 (m) | 6.0 | 7.0 | 3.5 |
| 床版張出し長 (m) | 2.6 | 2.1 | 2.1 |
| 床版厚 (mm) | 26 | 29 | 20 |
| 大型材片数 | 数(個) | 137 | 137 |
| 重量 (t) | 328 | 337 | 318 |
| 小型材片数 | 数(個) | 1172 | 1172 |
| 重量 (t) | 49 | 51 | 46 |
| 主部材重量 (t) | 389 | 399 | 375 |
| 部材数 (個) | 61 | 61 | 78 |
| 塗装面積 (m ²) | 3354 | 3430 | 4035 |
| 死荷重 (tf) | 2320 | 2450 | 2050 |
| 工事費 (千円) | 342,300 | 348,100 | 343,600 |
| 工事費 (%) | 99.6 | 101.7 | 100.0 |

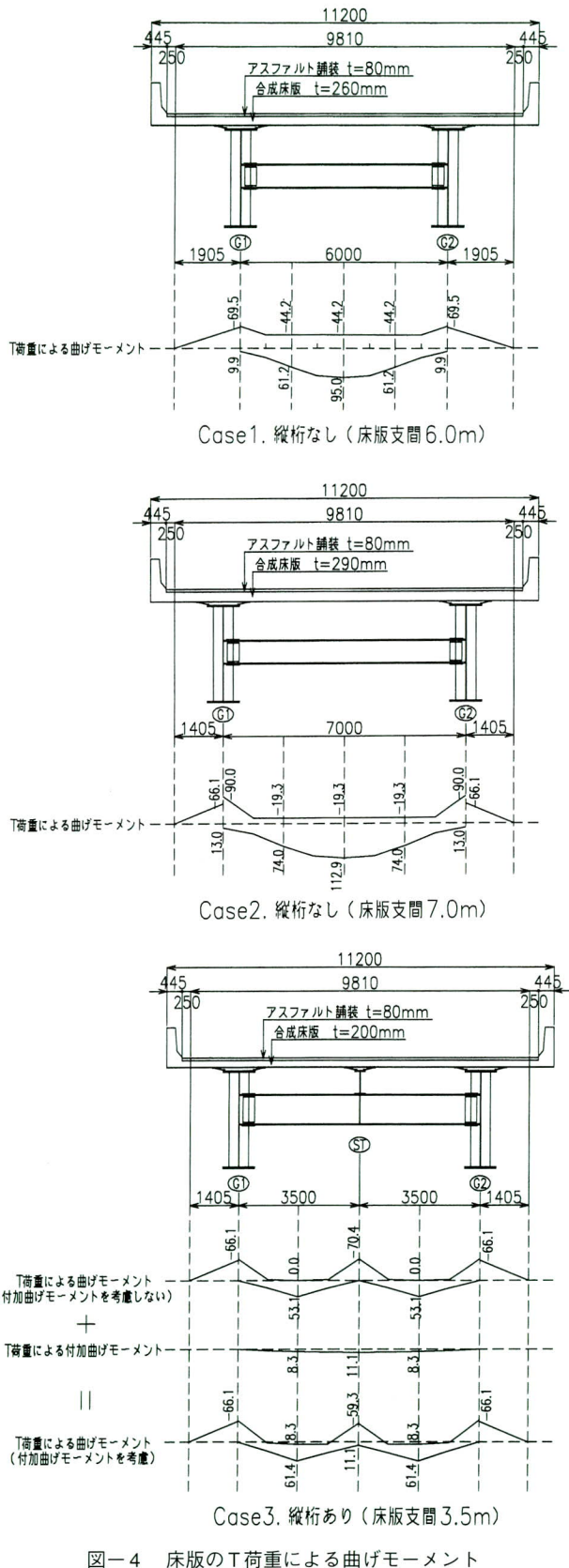
(3) 付加曲げモーメントの影響

Case3 は主桁と剛性の小さい縦桁を配置するため、床版には不等沈下による付加曲げモーメントが生じる。付加曲げモーメントが生じる場合、T 荷重による曲げモーメントにどのような影響を及ぼすのか検討を行った。

付加曲げモーメントは「建設省土木研究所 1338 号」を用いて算出した。不等沈下がないという仮定で算出される床版の曲げモーメントに付加曲げモーメントを重ね合わせたものを付加曲げモーメントを考慮した T 荷重による曲げモーメントとする。(図-4)

付加曲げモーメントにより、中間支点部の負曲げは低減され張出し部の負曲げ以下となる。Case3 のような桁配置は床版支間と張出し長を小さくすることができ、また、中間支点部の負曲げを低減することができるので合

成床版に適した桁配置であるといえる。



4. 立体的機能の確保

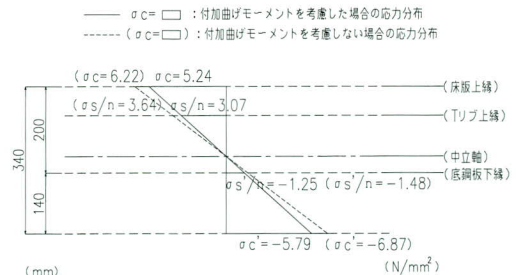
横構を省略する少数桁橋は、橋全体の立体的機能を確保するため、構造物全体でその機能を補完する必要がある。横荷重への抵抗は床版が担い、ねじりモーメントは偶力に変換し主桁の鉛直曲げ剛性にて抵抗する。したがって、主桁間隔が大きい桁配置 (Case2, Case3) の方が立体的機能を確保するうえで有利な構造である。

但し、横桁の断面、取り付け部の疲労を考慮した構造を別途検討する。

5. 耐久性の確保

道路橋示方書・同解説 (以下、道示) は、その改訂の度毎に耐久性の向上を図る規定が強化されてきた。最新版 (平成14年3月) では新たに「耐久性の検討」の章が加えられ、より耐久性に配慮した設計が求められている。コンクリートを主体とする床版の疲労現象についてはその進展メカニズムが複雑であるが、応力振幅にある程度依存することは間違いない。よって、設計で対応できる手段のひとつは、発生する応力振幅、特に床版上面の引張応力を抑え、有害なひび割れの発生を防ぐことである。

提案する Case3 のような桁配置では、付加曲げモーメントにより合成床版の耐久性を低下させる要因である床版上面の引張応力が軽減される。(図-5)



6. 維持管理性

合成床版の疲労耐久性については、各種輪荷重走行試験等性能確認試験により既往のRC床版と同等以上であることが確認されている²⁾。QSスラブにおいては、中間支点部主桁の負曲げの影響も考慮した輪荷重走行試験を行い、疲労耐久性の確認をしている³⁾。しかしながら、実橋では雨水の浸透、路面凍結剤の影響、温度変化、飛

来塩分等の厳しい環境下におかれるため、所期の耐久性を確保出来ない可能性は否定出来ない。路面からの浸水は、舗装および床版上面の防水層により防ぐことになるが、現状の防水層の耐用年数が十分でなく、舗装の下にあるためその管理も困難である。

したがって、合成床版の疲労耐久性が既往の床版以上にあるといえども、実橋では同様の維持管理が必須であり、場合によってはコンクリートの打ち換えなどの補修を施すケースにも対応が必要である。

提案する桁配置案では、下図-6に示すように従来の2主少数鉄桁の課題であった床版補修時の交通確保が容易であり、維持管理面においても利点を有する構造である。

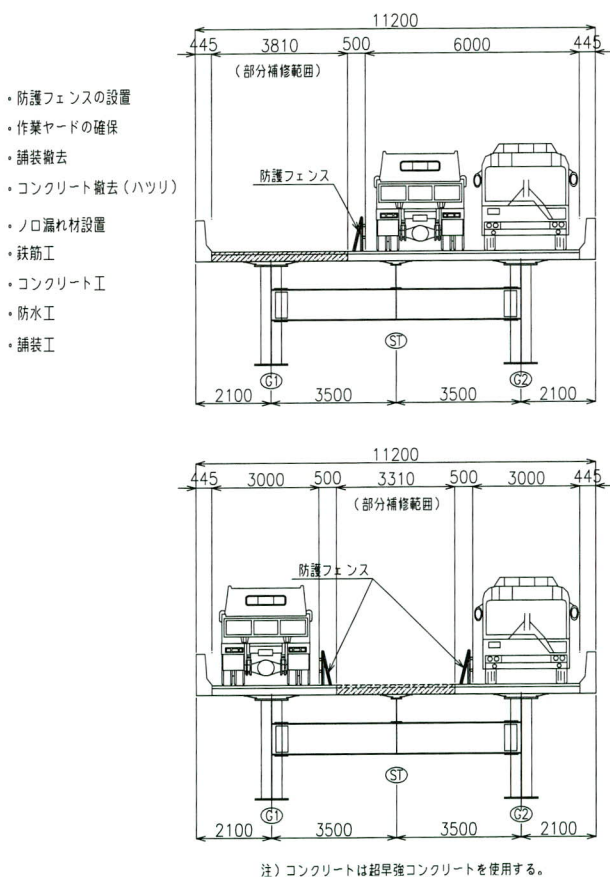


図-6 Case3 合成床版部分補修要領図

7. 経済性

図-7に塗装仕様（C-2）の場合の各案のライフサイクルコスト比較を示す。縦桁を有するCase3は、塗装面積が大きく他案よりも若干割高となっている。

ただし、上記比較は補修の全く無い理想的な状態にお

ける比較である。想定してない規模の地震による損傷など、床版の補修機会があれば逆転する可能性がある。

また、本検討では上部工のみの比較としたが、下部工、基礎工については他案に比べ死荷重の1割以上小さい縦桁設置案Case3が最も有利となる。

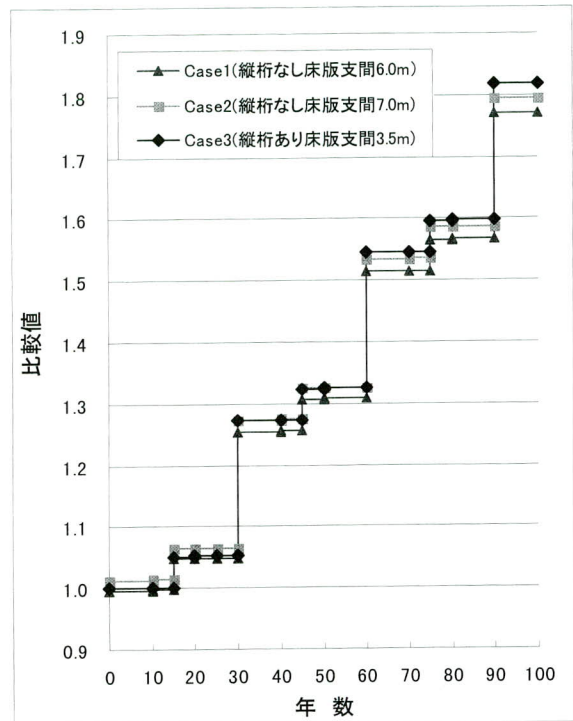


図-7 ライフサイクルコストの比較

8. まとめ

結果的に経済性においては桁配置の違いによる有意差はなく、最適な桁配置は計画時に何を重要視するかによって決まる要素が強い。

合成床版QSスラブは剛性の高いT形リブを支保工リブとして採用しているため耐荷力が大きく、張出し長を大きくできるが、床版上面のひび割れを制御することはできない。縦桁を1本追加しても経済性は遜色ないことより、幅員が変化する場合、張り出し長を大きくするよりも、縦桁追加により張り出し長を抑える方がより耐久的な案となり得る。

合成床版はRC、PCなど既往の床版に比べ制約が少なく、計画時における様々なニーズに応えることが可能な適応性の高い床版である。それだけに桁配置の自由度が高く、適用時における検討の余地はまだ残っているが、今後の発展が大いに期待できるものと考えられる。

<参考文献>

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ・Ⅱ，平成14年3月
- 2) 佐藤ら：T形リブを用いた鋼・コンクリート合成床版の開発と施工，第3回道路橋床板シンポジウム講演

- 論文集，平成15年6月，(社)土木学会，pp.67～72
- 3) 林ら：T形リブを用いた鋼・コンクリート合成床版の中間支点部輪荷重走行試験，第4回道路橋床板シンポジウム講演論文集，平成16年11月，(社)土木学会，pp.191～196

2005.1.13 受付

グラビア写真説明

北千曲川橋

本工事は、上信越自動車道の4車線化工事で、長野県北部の信州中野～豊田飯山インター間に位置する。橋長350.55mの鋼4径間連続非合成ラーメン箱桁橋です。すでに供用中のⅠ期線に隣接し、一級河川千曲川を横過する本橋の特徴は、中間支点部を鋼箱桁とRC橋脚との剛結構造として一体化している点、床版形式については鋼とコンクリートの合成床版を採用して軽量化を図り、耐久性・耐震性の向上・維持管理の低減・コスト縮減を図っている点が挙げられます。千曲川を挟んで位置する中野市と豊田村は今年、市町村合併により中野市となり、1つの市に2つのインターチェンジがある全国でもまれな特性があり、今後の地域活性化に大きく寄与するものと期待しています。

(河重貴之)

晴豊1号橋(仮称)

本橋は、放射34号線(晴海通り)の延伸部で晴海と豊洲を結ぶ晴豊1号橋(仮称)で、5径間連続箱桁橋です。施工は(株)宮地鐵工所と三井造船(株)との共同企業体で行いました。架設方法は、4ブロックをフローティングクレーン(3,000t吊級)によって架設する大ブロック工法で架設を行いました。平成18年4月頃供用開始予定です。

(武井智彦)

六ツ木橋

愛知・岐阜・三重の3県を環状に連絡する広域幹線道路「東海環状自動車道」は、3月25日より開催の「愛知万博会場」(長久手町・瀬戸市)へのアクセスルートとしても注目をされています。本橋は、当路線とR301号との接点である松平IC(豊田市)付近に位置します。「バント高30mを越える高所作業」、「トラッククレーンバントとトラベラークレーン併用架設」、「開通日が決まった厳しい工程」と厳しい条件の中で、無事に工事を完了することができました。愛知万博にお越しの際は、是非当橋にお立ち寄り頂ければ・・・と思います。

(原 崇)