

(3) ラーメン形式の鋼・コンクリート二重合成I桁橋の提案

Proposal for Steel-Concrete Double Composite I-Girder Bridges Connected Rigidly with RC Piers

大山 理*, 大久保宣人**, 夏秋義広***, 栗田章光****

Osamu Ohyama, Nobuhito Okubo, Yoshihiro Natsuaki and Akimitsu Kurita

* 工博, 片山ストラテック(株) 技術本部橋梁設計部 設計一課 (〒551-0021 大阪府大阪市大正区南恩加島 6-2-21)

** 片山ストラテック(株) 技術本部橋梁設計部 橋梁設計一課課長 (〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 6-2-21)

*** 工博, 片山ストラテック(株) 技術本部橋梁設計部 副本部長 (〒551-0021 大阪府大阪市大正区南恩加島 6-2-21)

**** 工博, 大阪工業大学 工学部都市デザイン工学科 教授 (〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1)

Recently in Japan, the steel-concrete composite bridges aiming at reducing construction cost and period are adopting widely and its numbers are increasing remarkably. For instance, the steel-concrete double composite continuous bridge, which has two concrete slabs at upper and lower surfaces only in the region of the intermediate support, is one of its examples. On the other hand, the hybrid rigid frame bridges between steel girder and reinforced concrete (RC) pier has some large advantages for the seismic design and also the maintenance. Therefore, the authors propose the steel-concrete double composite I-girder bridges connected rigidly with RC piers. This paper deals with the outline and design examples of this type of the bridge.

Key Words : steel concrete double composite I-girder bridge, hybrid rigid frame bridge

1. はじめに

近年, わが国において, 建設費縮減のための省力化・合理化および工期短縮・維持管理の簡略化などを目的とした新形式の鋼・コンクリート複合橋梁の開発・研究が積極的に行われ, 採用されている¹⁾. ここで, (社)日本橋梁建設協会の調べ²⁾によると, 支間 60m までは, 連続合成少数I桁橋の適用が経済的であるとしている. 一方, 支間 80m 程度までは, 一般的にトラス橋および箱桁橋が適用され, 少数I桁橋の適用事例は見られない. ただし, 少数I桁と鉄筋コンクリート橋脚とを剛結した橋梁の施工実績³⁾はある. そこで, 筆者らは, 少数I桁橋のさらなる長支間における適用可能を目指して, 図-1 に示すように中間支点領域のみ下コンクリート床版を設けた二重合成構造を採用した少数I桁橋と橋脚とを剛結した混合ラーメン橋を提案する. 本論文では, 提案する鋼・コンクリート二重合成少数I桁複合ラーメン橋を対象に行った試設計ならびに検討結果について報告する.

本文では, まず, 鋼・コンクリート二重合成橋梁ならびに鋼上部工と橋脚とを剛結した混合ラーメン橋の特長について述べる. つぎに, 平均支間 100m 程度を対象に行った試設計の検討結果について述べる. 最後に, 総括と今後の課題について述べる.

2. 対象橋梁の概要

2.1 鋼・コンクリート二重合成橋梁

通常の連続合成桁橋の中間支点領域に下コンクリート

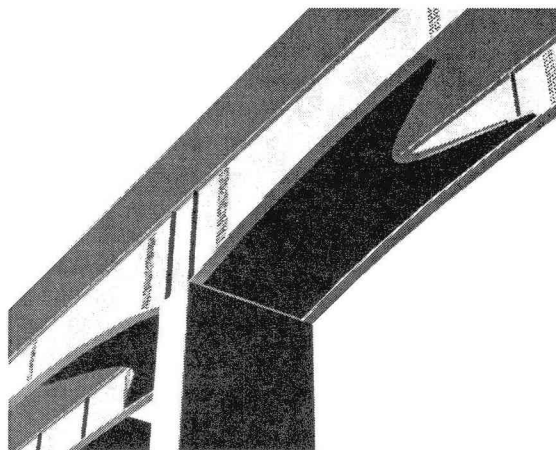


図-1 鋼・コンクリート二重合成I桁複合ラーメン橋

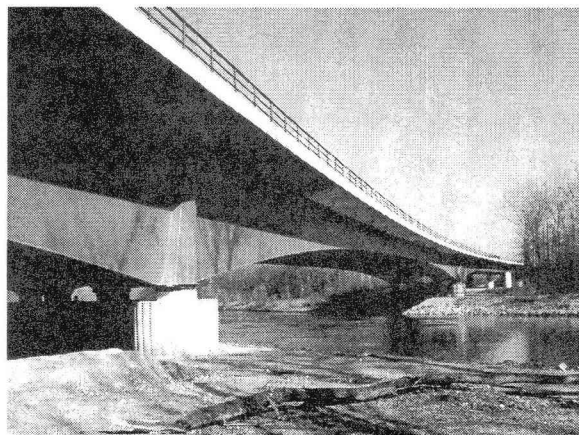


写真-1 イン橋 (ノイエッティング)

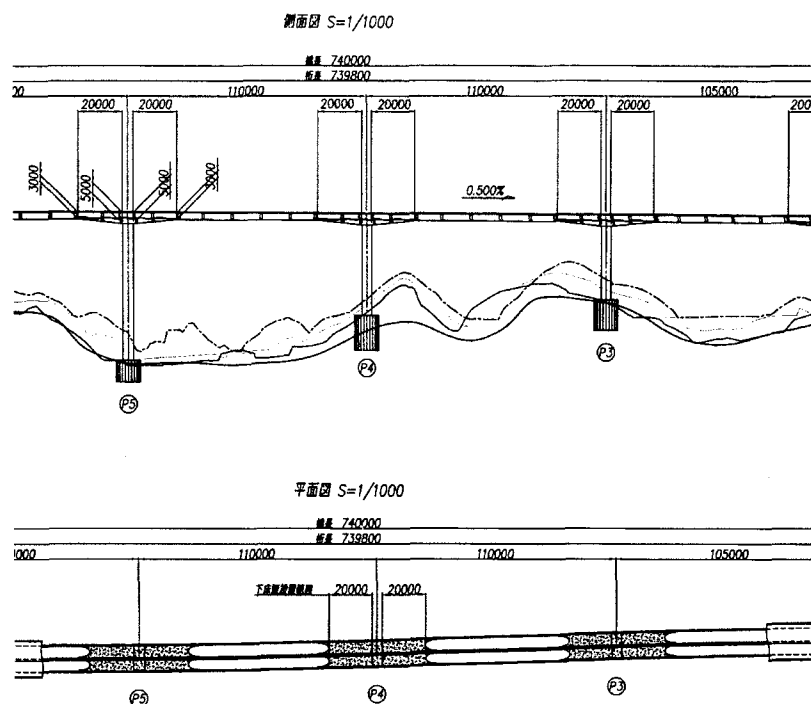
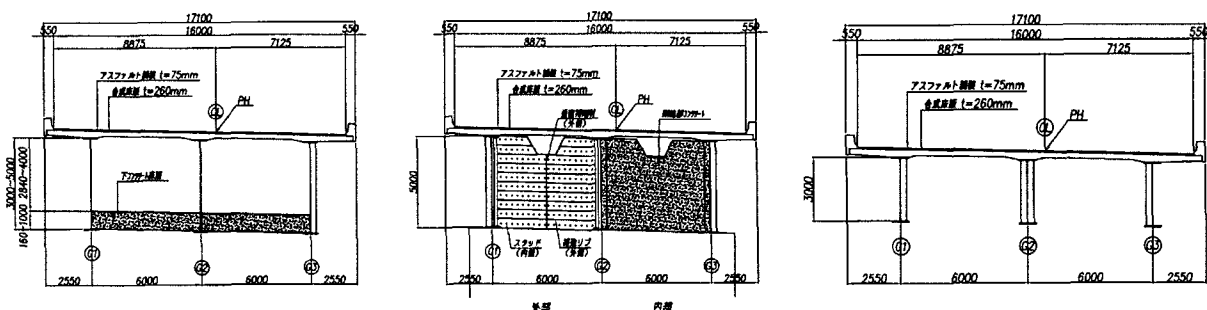


図-2 側面図および平面図 [寸法単位：mm]



(a) 二重合成区間

(b) 中間支点上

(c) 通常合成区間

図-3 断面図 [寸法単位：mm]

床版を配置する、つまり、全橋長にわたってコンクリート床版が鋼桁の圧縮域に存在する極めて合理的な橋梁形式が鋼・コンクリート二重合成橋梁である⁴⁾。本橋梁形式は、筆者らが調査した限り、ドイツにおいて7橋、スペインにおいて4橋、ユーゴスラビア、ベネズエラ、スイスおよびオランダにおいて各1橋が建設されている。また、わが国においても道路橋および鉄道橋で各1橋ずつ施工例が見られる。ここで、施工実績の一例として、ドイツで2000年12月に完成したノイエッティングのイン橋(中央径間長：154m)を写真-1に示す。本橋の場合、下コンクリート床版は、イン川両岸の橋脚上において75mの長さにならって設けられ、その床版厚は、橋脚上で120cm、その端部で40cmとなっている。

このような構造形式を採用することによる利点を列挙すると、以下のとおりである。

(1) 桁高を低くおさえることが可能になり、景観面でも有

利である。

- (2) 中間支点領域の鋼桁の板厚を低減することが可能になるとともに、下フランジの補剛材を少なくし、工場製作の省力化を図ることもできる。
- (3) 中央径間部の鋼箱桁を大ブロックで一括架設することも可能であり、工期短縮を図ることができる。
- (4) 径間部の正曲げモーメントおよびたわみ値が通常の橋梁形式よりも低減される。

また、マイン橋(ドイツ)や北陸道架道橋(日本)のように、鉄道橋に本橋梁形式を採用した場合、騒音および振動の低下にもつながるプラスアルファ効果も発揮する。

2.2 混合ラーメン橋

混合ラーメン橋とは、鋼上部工と鉄筋コンクリート製の下部工とを剛結した橋梁形式で、近年、設計・施工事例が

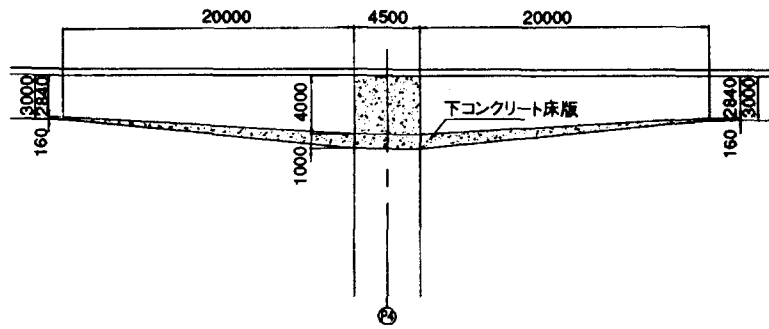


図4 中間支点部の詳細 [寸法単位：mm]

増えている。その要因として、従来の橋梁形式に比べて、耐震性に優れており、たわみが小さく抑えられることなど構造的に有利になることが挙げられる。さらに、中間支点領域の支承をなくすことにより走行性が向上し、また、維持管理の省略が図れるなどの経済的な利点も有する。

3. 試設計

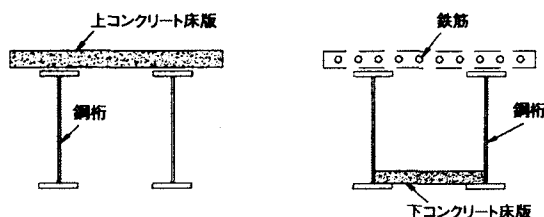
3.1 対象橋梁の概要

試設計は、平均支間100mの8径間連続合成3主I桁橋を対象として行った。側面および平面の一部を図-2に、通常および二重合成の断面を図-3にそれぞれ示す。本橋の有効幅員は16.0m、桁高は、一般部で3.0m、中間支点部で5.0mである。

つぎに、中間支点付近の詳細を図4に示す。ここで、下コンクリート床版打設区間は、後死荷重作用時に負曲げモーメントが作用する区間とし、その厚さは、中間支点上で100cm、その両端で16cmである。下コンクリート床版は、孔あき鋼板を鋼製型枠に溶接で取り付け、その孔にコンクリートが埋め込まれてずれ止めとして機能する、いわゆる、PBL(孔あき鋼板ジベル)と上側鉄筋(ひび割れ防止程度)で構成されるものとしている。

3.2 試設計方針

二重合成I桁橋の応力度算出に関して、正曲げモーメント域は、図-5(a)に示すとおり、上コンクリート床版と鋼桁の合成断面を有効断面とする。一方、負曲げモーメント区間、つまり、二重合成構造を適用した区間は、上コンクリ



(a)正曲げモーメント区間 (b)負曲げモーメント区間
図-5 試設計における有効断面

ート床版の断面を無視し、図-5(b)に示すとおり、下コンクリート床版と鋼桁および上コンクリート床版内に配置されている橋軸方向鉄筋を有効断面とする。

つぎに、架設手順における抵抗断面の考え方を以下に列挙する。

- (1) 鋼桁自重および下コンクリート床版の自重に対しては、鋼桁のみで抵抗する。
- (2) 上コンクリート床版の自重に対しては、正曲げモーメント域では鋼桁、負曲げモーメント域では、鋼桁と下コンクリート床版の合成断面で抵抗する。
- (3) 舗装などの後死荷重に対しては、正曲げモーメント域では、鋼桁と上コンクリート床版の合成断面、負曲げモーメント域では、鋼桁、下コンクリート床版および上コンクリート床版内に配置されている橋軸方向鉄筋で抵抗する。
- (4) 活荷重に対しては、(3)の後死荷重と同様の断面で抵抗する。

3.3 断面力およびたわみの比較

まず、一例としてP4、P5支点上ならびにP4～P5径間中央の断面構成を表-1に示す。

表-1 断面構成例 [寸法単位：mm]

	P4 支点	支間中央	P5 支点
上コンクリート床版	5550×260	5550×260	5550×260
上フランジ	980×85 (SM570)	980×20 (SM570)	980×86 (SM570)
ウェブ	27×4859 (SM570)	27×2938 (SM570)	27×4858 (SM570)
下フランジ	980×56 (SM570)	980×42 (SM570)	980×56 (SM570)
下コンクリート床版	3000×1000	—	3000×1000

つぎに、P4～P5、1径間の後死荷重および活荷重により桁に作用する曲げモーメント分布を図-6に示す。

図-6より、二重合成少数I桁複合ラーメン橋を採用した方が、後死荷重+活荷重 max 時において、通常の連続合成桁橋よりも、支間中央の正曲げモーメントを約10%程度低減させることがわかった。中間支点付近は、通常の連続合成桁橋より大きな負曲げモーメントが発生している

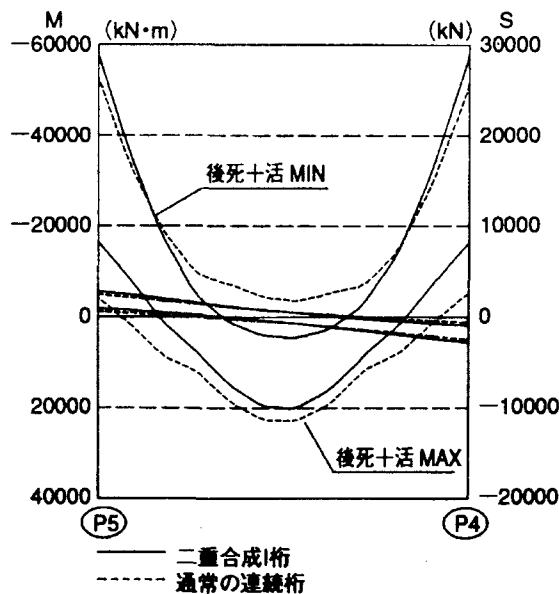


図-6 曲げモーメント比較

が、下コンクリート床版により剛性が大きくなることから経済的な断面を構成できると考えられる。

つぎに、P4～P5における活荷重の最大たわみの値を表-2に示す。

表-2 活荷重たわみ比較

通常合成	$127.5 \text{ mm} < \delta_a = 220 \text{ mm}$
二重合成少数I桁 複合ラーメン橋	$85.0 \text{ mm} < \delta_a = 220 \text{ mm}$

(たわみの許容値 δ_a は、道路橋示方書・同解説Ⅱ：鋼橋編⁹⁾より、 $\delta_a = L/500 = 110000 \text{ mm} / 500 = 220 \text{ mm}$)

表-2より、活荷重たわみは、二重合成I桁複合ラーメン橋を採用した場合、通常の連続合成桁橋よりも約33%程度低減できることがわかった。

3.4 張出架設時の照査

本橋梁形式の場合、桁架設時において、①上コンクリート床版に用いる鋼・コンクリート合成床版の底鋼板は、上フランジに溶接で固定されている。②下コンクリート床版は打設済みであるため、中間支点領域の断面は、疑似箱桁と見なせ、張出架設が可能になる。

そこで、張出架設時の検討結果の一例を以下に示す。張出架設時において、支点上に最大モーメントが発生するのは、図-7に示すP3～P4橋脚間のブロック閉合時であり、その値は $M=49706.7 \text{ kNm}$ である。

以上より、架設時において、鋼桁の上下縁ならびに下コンクリート下縁に発生する応力はつぎのとおりとなる。

鋼桁上縁

$$\sigma_{su} = \frac{4.9707 \times 10^{10}}{2.1781 \times 10^{12}} \times 3.388 \times 10^3 = 77.3 \text{ N/mm}^2 < 319.0 \text{ N/mm}^2$$

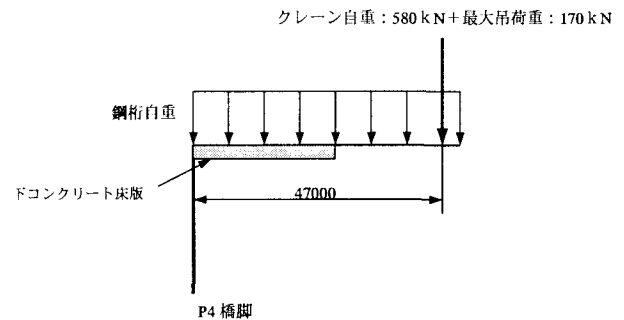


図-7 最大張出架設時の検討 [寸法単位：mm]

鋼桁下縁

$$\sigma_{sl} = \frac{4.9707 \times 10^{10}}{2.1781 \times 10^{12}} \times (-1.643 \times 10^3) = -37.5 \text{ N/mm}^2 < -319.0 \text{ N/mm}^2$$

下コンクリート床版下縁

$$\sigma_{cl,l} = \frac{4.9707 \times 10^{10}}{7 \times 2.1781 \times 10^{12}} \times (-1.593 \times 10^3) = -5.2 \text{ N/mm}^2 < -10.0 \text{ N/mm}^2$$

4. まとめ

本論文では、筆者らが提案した二重合成構造を採用した少数I桁橋を鉄筋コンクリート橋脚と剛結した複合ラーメン橋の試設計の結果より、100mを超える支間長に対しても少数I桁橋が十分に適用可能であるとの結果が得られた。ただし、今後さらに以下の項目について検討を行う必要があると考えられる。

- (1) 下コンクリート床版の構造特性
- (2) 耐風安定性の検討
- (3) 架設時の安定性の検討
- (4) 動的解析による耐震性検討
- (5) 下部工の構造と施工法

【参考文献】

- 1) 例えば、土木学会鋼構造委員会 新形式の鋼・コンクリート複合橋梁調査研究小委員会：鋼・コンクリート複合橋梁の最新の進歩，土木学会，2001年11月。
- 2) (社)日本橋梁建設協会：新しい鋼橋の誕生Ⅱ，2003年5月。
- 3) 中村和典，今泉安雄，兼重 寛，中東 剛，佐々木保隆，小川尊直：今別府川橋の設計・施工，橋梁と基礎 Vol.34 / No.12，pp.3～9，(株)建設図書，2000年12月。
- 4) 栗田章光，大山 理，Marcus Rutner：二重合成連続箱桁橋の現状と課題，第4回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，pp.45～58，2001年8月。
- 5) (社)日本道路協会：道路橋示方書(I 共通編・Ⅱ鋼橋編)・同解説，丸善(株)，2002年3月。