

(1) 鋼・コンクリート二重合成桁の実績調査と考察

Surveying for Constructed Examples of Steel-Concrete Double Composite Girder Bridges and Its Considerations

大久保宣人*, 梁 鐘護**, 大山 理***, 夏秋義広****, 栗田章光*****

Nobuhito Okubo, Yang Jong Ho, Osamu Ohyama, Yoshihiro Natsuaki and Akimitsu Kurita

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

** 三星物産建設部門 (263, Seohyun-Dong, Bundang-Gu, Sungnam-Si, Gyonggi-Do, Korea 463-721)

*** 工博, 片山ストラテック(株) 技術本部橋梁設計部 橋梁設計一課 (〒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, the new type continuous composite box girder bridge has been developed in European countries, which has two concrete slabs at upper and lower surfaces of the steel box girder bridges only in the region of the intermediate supports. One of the advantages by adopting this structural system is the increasing of the flexural rigidity of the steel box girder. However, there is almost no constructed example in Japan. Therefore, this paper deals with the outline, surveying result and its considerations of this type of the bridge.

Key Words : steel-concrete double composite bridge, lower concrete slab

1. はじめに

近年, わが国における橋梁は, 建設コスト削減のための構造の合理化, 施工の省力化が求められている。そこで, 現在, 合理的で経済性に優れているが, 1970 年代後半以降, 鉄筋コンクリート床版の劣化損傷問題などから採用が控えられてきた鋼・コンクリート複合橋梁が見直され, さらに, これまでの鋼・コンクリート複合橋梁に比べて, より耐久性の向上が図られ, 施工の合理化, 工期短縮が可能である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ている¹⁾。

その一例として, 図-1 に示すように比較的長支間の連続桁橋に適用可能である鋼・コンクリート二重合成箱桁橋が挙げられる。本橋梁形式は, 通常の連続合成箱桁橋の中間支点領域のみに下コンクリート床版を追加することにより, 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である²⁾。しかし, 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橋など海外で建設されているものの, わが国での施工実績は数少ないのが現状である。

そこで, 筆者らは, 今後わが国においても鋼・コンクリート二重合成連続桁橋の有意性が認められ, 数多く計画・設計・施工されるために必要なデータ収集を行った^{1), 3)}。

本論文では, まず, 海外における施工事例をまとめるとともに, 2002 年にドイツ・プラウエに架設されたハーベル橋(Havelbrücke)について紹介する。つぎに, 本橋梁形式を設計するために必要なデータをまとめるとともに, 考察を加えることにする。

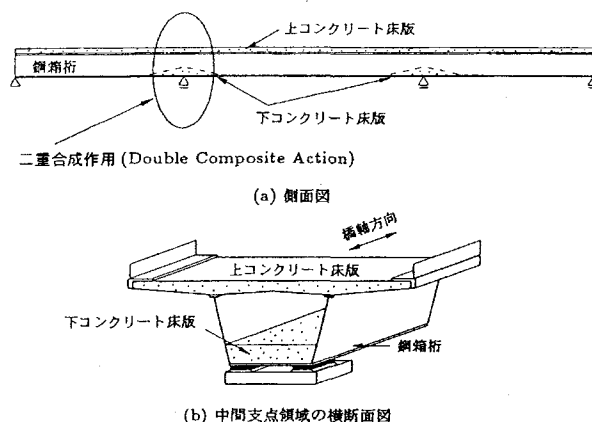


図-1 鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋の構造概要

2. 施工事例

海外において施工された事例の中で, 筆者らが入手できたデータに関してとりまとめたものが表-1 である。表-1 より, 本橋梁形式は, スパン比が 1:1.5:1 程度の橋梁に適用されていることがわかる。また, スペインにおいては, 合成箱桁を橋脚と剛結, つまり, 混合形式として採用されている。ここで, 2002 年に施工されたドイツ・ハーベル橋について詳しく紹介することにする⁴⁾。

ハーベル橋において, 河川中央に 42m 以上の航路を確保すること, 自転車および歩行者の負担を軽減するために縦断勾配をおさえるなど極力桁高を低くする必要があるとの制約条件から, 二重合成構造が採用された。ハーベル橋の側面を図-2 に, 径間部および中間支点部の断面を図-3

表-1 海外における鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋の施工実績

	スパン割 (二重合成採用箇所)	支間比	桁高 (橋脚上)	下コンクリート 床版厚	下コンクリート床版 打設区間	主桁 間隔	鋼材 重量	備考
ドイツ イン川橋 (パッサールカ) 1987 年	83.0+104.5+ 104.5+83.0m	1:1.26: 1.26:1	4.20m	20～65cm (中間支点上 では20m)	40.76m	5.5m	155 kg/m ²	
ドイツ エルベ川橋 (トルガウ) 1993 年	53.0+106.0+65.0m	1:1.63: 1.23	5.69m	40～90cm	45.0m	8.0m	242 kg/m ²	
ドイツ モーゼル川橋 (バルザック・カス) 1995 年	36.4+74.4+36.4m	1:2.04:1	4.50m	25～50cm	28.6m	3.75m	210 kg/m ²	
ドイツ エルベ川橋 (ホーベンヴァルテ) 1998 年	93.0+140.7+93.0m	1:1.51:1	7.11m	最大 150cm	60.0m	11.7m	269 kg/m ²	
ドイツ イン川橋 (ノイエティンク) 2000 年	95.0+154.0+95.0m	1:1.62:1	6.92m	40～120cm	75.0m	7.5m	293 kg/m ²	
ドイツ ハーベル橋 (プラウエ) 2002 年	35.0+50.0+70.0+ 50.0+35.0m	1:1.43:2: 1.43:1	3.24m	25～90cm	18.0m	7.3m	180 kg/m ²	
スペイン トルトーサ橋 (タラゴナ) 1987 年	102.0+180.0+102.0m	1:1.76:1	6.30m	22～32cm	47.0m	11.0m	—	剛結 構造
スイス パレンシア橋 1991 年	53.0+106.0+53.0m	1:2:1	4.50m	—	中間支点付近	17.0m	—	剛結 構造
スペイン アレナール橋 (コルドバ) 1993 年	55.0+110.0+55.0m	1:2:1	—	—	中間支点付近	14.5m	—	剛結 構造
スペイン メンジバル橋 (ハエン) 2000 年	55.0+110.0+55.0m	1:2:1	—	—	—	18.8m	—	剛結 構造
ベネズエラ アングストリタ橋 (カロニ川橋) 1992 年	82.5+213.75+82.5m	1:2.59:1	14.0m	20～85cm	147.25m	10.0m	—	

表-2 形式比較結果

	通常合成	二重合成
材料 ・鋼材	670 トン	595 トン
下コンクリート床版 ・コンクリート		130 m ³
・鉄筋		18 トン
・スタッド		約 14000 本

にそれぞれ示す。本橋は、全長 240m(35+50+70+50+35m)の 5 径間連続合成箱桁橋であり、桁高は、径間部、中間支点部それぞれ 2.34m、3.24m である。下コンクリート床版厚は、中間支点部で最大 90cm、その両端部で 25cm であり、中間支点部左右 18m の範囲にコンクリートが打設されている。本橋の場合、中央径間部の大ブロック架設法が採用されている。大ブロック架設前に、中間支点領域の鋼

箱桁底部には下コンクリート床版が打設されており、下フランジの補剛が終了しているので、この工法の採用が可能である。大ブロック架設法の採用により工期短縮を図ることができる。

最後に、本橋を通常の連続合成箱桁橋で採用した場合と二重合成連続箱桁橋で採用した場合の上部工に関する比較検討結果を表-2 に示す。表-2 より、二重合成連続箱桁橋を採用した方が、通常の連続合成箱桁橋より 75 トンの鋼重低減が可能となり、結果的に 30000 ユーロ(約 400 万円)の工費を削減できたことが報告されている。

3. 実績調査

ドイツにおいて施工された 6 橋の鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋を対象に、下記の 5 項目に関する実績調査を行い、それぞれの項目について考察を加えることにする。

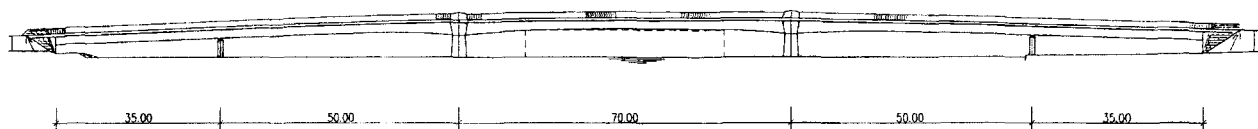
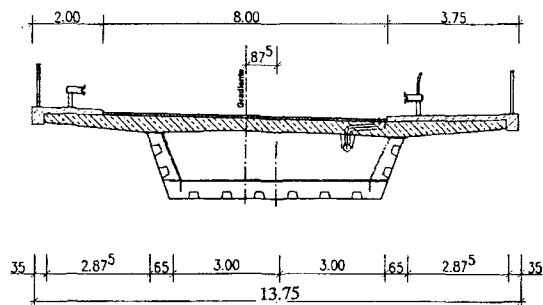
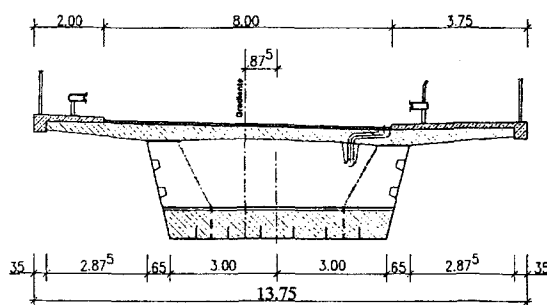


図-2 ハーベル橋の側面図 [寸法単位：m]



(a) 中央径間断面



(b) 中間支点断面(二重合成)

図-3 ハーベル橋の断面図 [寸法単位：m]

- (1) 中央径間長と鋼材質量
- (2) 中間支点部の桁高と下コンクリート床版厚との比率
- (3) 中央径間長と側径間長の比率
- (4) 中央径間長と下コンクリート床版打設範囲
- (5) 中央径間長と中間支点部の桁高

3.1 中央径間長と鋼材質量

中央径間長と鋼材質量の関係を図-4 に示す。

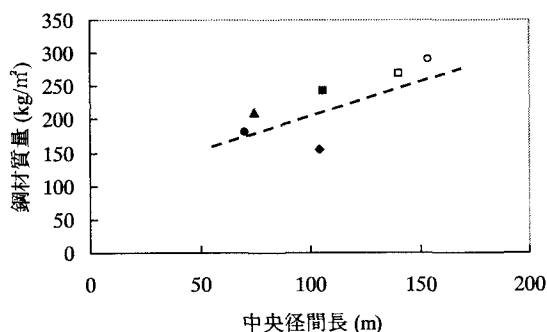


図-4 中央径間長と鋼材質量

図-4 より、中央径間長と鋼材質量は、ほぼ比例関係にあり、さらに、比較的長い中央径間長であるにもかかわらず、鋼材質量が小さいことがわかった。例えば、中央径間長が100mの場合、鋼材質量が 220kg/m^2 程度であり、これは、(社)日本橋梁建設協会が試設計された細幅箱桁橋⁵⁾の鋼材質量の約半分程度で設計されている。その要因として、1箱桁で、かつ、中間支点領域に二重合成構造を適用することにより、ウェブ数の削減と下コンクリート床版による断面剛性の向上とにより、鋼材質量の低減が可能になったためであると考えられる。また、等価支間長が小さくなり、径間中央の曲げモーメントが低減することによる効果も

あると考えられる。

ドイツと日本では設計法が異なるとは言え、二重合成構造を採用することにより、従来、箱桁橋では断面構成できない支間まで適用可能になるとともに、鋼重も軽減でき経済的であると考えられる。

3.2 中間支点部の桁高と下コンクリート床版厚

中間支点部の下コンクリート床版の最大厚と桁高の比率関係を図-5 に示す。

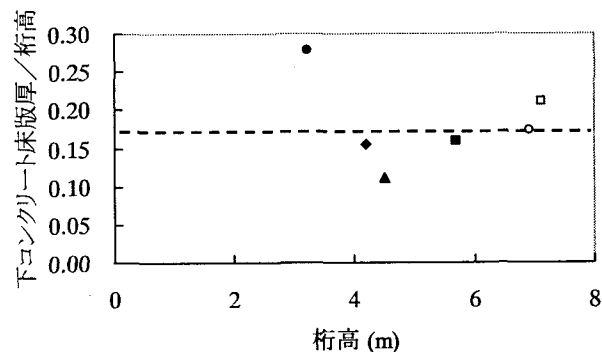


図-5 中間支点部の桁高と下コンクリート床版の最大厚

下コンクリート床版厚は中間支点部で最大厚となり、その厚さは0.5m～1m程度である。これを中間支点部の桁高との比率で表すと、0.17程度となる。本数値は、終局時における塑性中立軸の位置にほぼ一致することが筆者らの試算によりわかっている。

3.3 中央径間長と側径間長の比率

中央径間長と側径間長の比率を図-6 に示す。

図-6 より、鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋に適用される中央径間長は側径間長の1.5倍程度であり、大きい

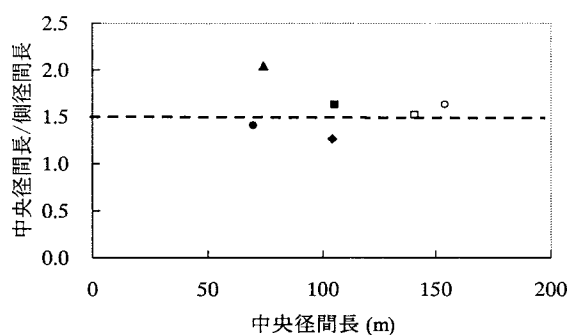


図-6 中央径間長と側径間長の比率

ものでは 2 倍を超える径間比率にでも対応が可能であることがわかった。これは、前述の通り、中間支点領域の断面剛性向上と等価支間の減少によるためであると考えられる。以上より、鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋の最大の特徴と考えられるのは、変則的な径間比において、より一層その効果を発揮できることである。これまで変則的な径間比の場合、側径間はカウンターウェイトとして重量の重いコンクリート構造などを用いることが考えられてきたが、二重合成構造を採用することにより合理的な構造になると考えられる。

3.4 中央径間長と下コンクリート床版打設範囲

中央径間長と下コンクリート床版打設範囲の関係を図-7 に示す。

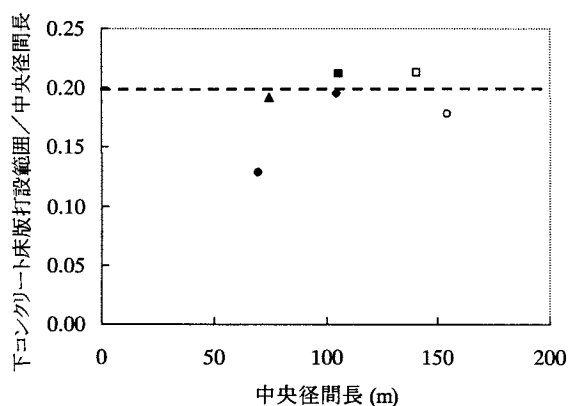


図-7 中央径間長と下コンクリート床版打設範囲

図-7 より、下コンクリート床版の打設範囲は、中央径間長に依存せず、2 割程度であり、この値は、後死荷重作用時に負曲げモーメントが発生する領域と一致している。なお、側径間側の下コンクリート床版打設区間は、支間比によって異なり、例えば、支間比が 1:2:1 の場合は、側径間長の 6 割程度になる²⁾。ただし、カウンターウェイトを兼ねて、側径間の全域にコンクリートを打設する場合もある。

3.5 中央径間長と中間支点部の桁高

中央径間長と中間支点部の桁高の関係を図-8 に示す。図-8 より、中央径間長と中間支点部桁高は比例関係にあると考えられる。中央径間長が長くなるほど、中間支点部の

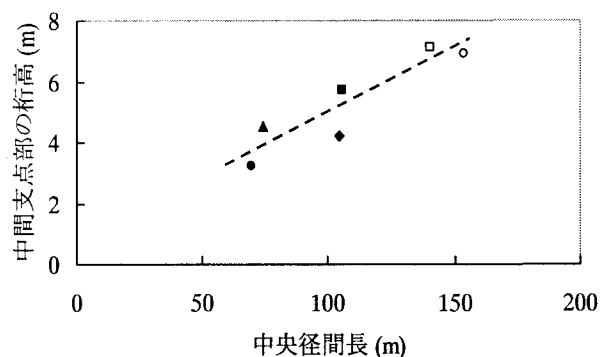


図-8 中央径間長と中間支点部の桁高関係

桁高は大きくなり、例えば、中央径間長が 100m の場合、中間支点部の桁高は 5m 程度になっている。

4. まとめ

本論文では、近年、注目されている鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋の施工事例をまとめるとともに、ドイツにおいて施工された 6 橋の鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋を対象に実績調査を行った。その結果、本橋梁形式を設計するにあたり、以下の知見が得られた。

- (1) 中央径間長と鋼材質量は、ほぼ比例関係にあり、さらに、比較的長い中央径間長であるにもかかわらず、単位面積当たりの鋼材質量は小さくなることがわかった。
- (2) 下コンクリート床版厚は中間支点部で 0.5m~1m 程度であり、これを比率で表すと、中間支点部の桁高の 0.17 程度となる。
- (3) 鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋に適用される中央径間長は側径間長の 1.5 倍程度である。
- (4) 下コンクリート床版の打設範囲は、中央径間長に依存せず、中央径間長の 2 割程度である。
- (5) 中央径間長と中間支点部の桁高は比例関係にあり、当然のことながら、中央径間長が長くなるほど、中間支点部の桁高は大きくなる。

【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) 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。
- 3) Bundesministerium für Verkehr：Strassenbrücke in Stahl-Beton-Verbundbauweise，-Dokumentation 1997-，Januar 1998。
- 4) Uwe John，Heinz Schmackpfeffer，Gregor Gebert，Jens Schülke，Egon Schulze and Thomas Thiel：Die Havelbrücke im Zuge der B1-Ortsumgehung Plaue，Stahlbau 71，pp.727~734，2002.10。
- 5) (社)日本橋梁建設協会：新しい鋼橋の誕生 II，2003.年 5 月。