

平成 22 年 5 月 27 日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2008 ～ 2009  
 課題番号：20760306  
 研究課題名（和文） 鋼・コンクリート二重合成 桁橋の鋼桁と下コンクリート床版の  
 合成挙動に関する研究  
 研究課題名（英文） Study on Composite Action between Steel Girder and Lower Concrete Slab  
 in Steel-Concrete Double Composite I-girder Bridge  
 研究代表者  
 大山 理 (Ohyama Osamu)  
 大阪工業大学・工学部・准教授  
 研究者番号：70411410

## 研究成果の概要（和文）：

建設コストの大幅な削減が求められている昨今，2主1桁橋に二重合成構造を適用した構造を考案した．しかしながら，下フランジに溶着したスタッドとウェブに溶着したスタッドを単独または併用して配置した場合の鋼桁と下コンクリートのスタッドの設計手法は，十分に確立されていないのが現状である．そこで，各種押抜き試験を実施し，鉛直および水平スタッドを単独もしくは併用して配置した際の静的および疲労挙動を把握した．

## 研究成果の概要（英文）：

Recently, in Japan, the steel-concrete composite bridge aiming at reducing construction cost and shortening work periods is extensively adopted. For instance, the steel-concrete double composite continuous box girder bridge, which has two concrete slabs at upper and lower surfaces of the steel box girder, is one of its examples. The structural system has the advantage of being able to reduce the steel lower flange thickness in the region of the intermediate supports. At the moment, the shop assembly cost of the box girder is more expensive than that of the Twin-I girder bridge. Therefore, the author had been proposed the steel-concrete double composite twin I-girder bridge. However, the composite action by adopting the headed studs welded both on the lower flange plate and web plate in double composite twin-I girder bridges is not yet clarified perfectly. In this research, the author carried out the static and fatigue push-out test for headed stud, which has combination arrangement both in horizontal and vertical directions.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学，構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：複合構造，二重合成I桁橋，スタッド，静的押抜き試験，繰返し押抜き試験，荷重分担率

## 1. 研究開始当初の背景

わが国の橋梁業界では、鋼橋およびコンクリート橋につぐ第3の橋梁として『鋼・コンクリート複合橋梁(以下、複合橋梁と略記)』が実績をあげつつある。複合橋梁とは、部材の断面が異種材料の組み合わせによって構成され、それらが一体化して作用するものを指し、その目的は、単一の材料では得ることができない望ましい力学特性を作り出すことにある。

その一例として、現在、注目されているのが、1980年代後半にドイツで発展した“鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋”である。本橋梁形式は、連続桁橋の中間支点領域においてのみ、鋼箱桁内部の下フランジおよびウェブの一部とコンクリート床版を合成させた橋梁形式である。

ここで、本橋梁形式の主な特徴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、景観面でも有利となる。
- (2) 下床版のコンクリート打ち込み以降に載荷される荷重に対して、局部座屈による応力の低減が無くなる。さらに、現在、わが国の設計法は、許容応力度設計法から性能照査型の限界状態設計法への移行期を迎えている。本構造を適用すると、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ため、断面が全塑性モーメントまで達することができる、つまり、正ならびに負曲げモーメント域ともコンパクト断面としての設計が可能となり、合理的な断面を構成できると考えられる。
- (3) 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、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。
- (4) 径間部の正曲げモーメント、たわみの値が軽減されるため、支間の長大化が可能となる。

ここで、社団法人日本橋梁建設協会の調べによると、一般的に、支間60mまでは、2主1桁橋の適用が経済的であるとされている。一方、支間60m以上では、箱桁橋およびトラス橋が適用され、2主1桁橋の適用事例は見られない。しかし、箱桁橋およびトラス橋は、1桁橋に比べて、大型ならびに小型材片数が多くなる、工場での製作工程が長くなるため、結果的に、コストが高価となり、大きなコストダウンにつながらないのが現状である。

以上の背景より、研究代表者は、製作コストが安価で施工性が非常に良い2主1桁橋の長支間での適用を目指すために、中間支点領域のみ鋼製型枠を設置(疑似箱桁を形成)、コンクリートを打ち込むことにより二重合成構造とした『鋼・コンクリート二重合成1桁橋』を考案した。

しかしながら、2主1桁橋に二重合成構造を適用した実績は、海外を含めて見られず、その力学特性については、解明されていない点が挙げられる。

## 2. 研究の目的

これまでに、『鋼・コンクリート二重合成1桁橋』の実橋への適用に向けて、鋼桁と下コンクリート床版との合成方法、つまり、下フランジ(鉛直スタッド)およびウェブ(水平スタッド)に溶着するスタッドの最大せん断力、ずれ定数などに関して、実験的に検討を行った。

そこで、本研究の目的は、鉛直スタッドならびに水平スタッドの疲労性状を明らかにするために、疲労押抜き試験を実施し、本橋梁形式に対する実用的な設計手法を構築することである。

## 3. 研究の方法

表-1に、各供試体の種類を示す。供試体の種類は、Type-0が頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)(以下JSSC(案))に基づいた標準供試体である。一方、Type-V、H、VHは、下コンクリート床版を模擬した供試体である。その種類は、スタッドを下フランジのみに溶着したType-V(鉛直スタッド)、ウェブのみに溶着したType-H(水平スタッド)ならびに下フランジとウェブに併用して溶着したType-VHである。形状寸法

の一例(Type-VH)を図-1に示す。

コンクリートの打ち込みは、供試体を実構造と同じ状態に配置して行った。供試体の鋼材とコンクリートとの接触面には、コンクリートを打込む前にグリースを塗布することにより、付着力を除去した。また、ウェブ直下に空隙を設け、支圧抵抗による影響も除去した。なお、使用したコンクリートの材齢 28 日における圧縮強度、弾性係数の値は、それぞれ、 $30.1\text{N/mm}^2$ 、 $2.61 \times 10^4\text{N/mm}^2$ であった。

表-1 各供試体の種類

種類	スタッド配置
Type-O	JSSC(案)に基づく標準押抜き供試体
Type-V	フランジのみ
Type-H	ウェブのみ
Type-VH	フランジとウェブに併用配置

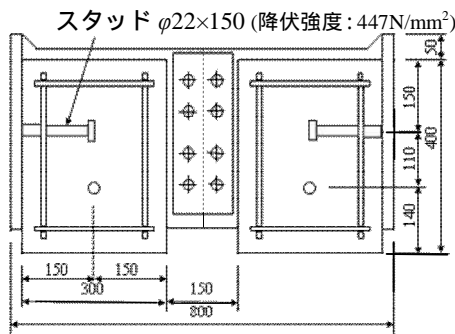


図-1 供試体の形状寸法(寸法: mm)

#### 4. 研究成果

##### (1) 静的および繰返し押抜き試験結果

まず、静的押抜き試験より得られた結果を表-2にまとめて示す。また、鉛直および水平スタッド 1 本あたりの荷重 - 相対ずれ関係を図-2に示す。なお、供試体の破壊形式は、すべて、スタッドの破断であった。

表-2 実験結果

	最大荷重	最大ずれ量	スタッド1本あたり				
			最大せん断力	ずれ定数	降伏せん断力	限界荷重	
			kN	mm	kN	kN/mm	kN
Type-O	573	7.8	143.2	343.2	81.8	72.7	
Type-V	654	6.52	163.4	435.9	93.3	81.2	
Type-H	650	9.51	162.5	130.3	84.4	44.9	
Type-VH	鉛直	1259	6.88				
	水平	1259	6.89				

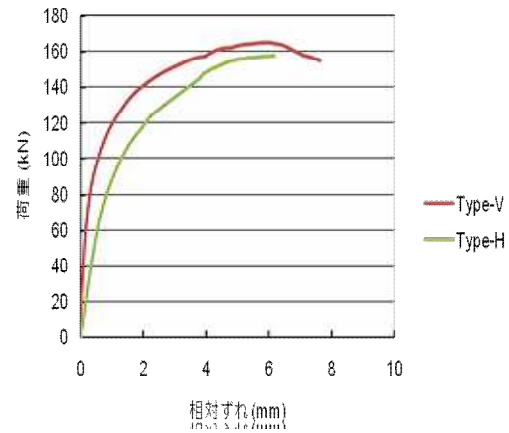


図-2 荷重 - 相対ずれ関係

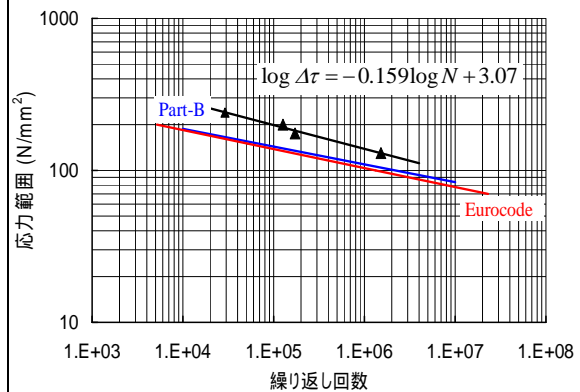


図-3 繰返し押抜き試験結果

表-2より、鉛直スタッドと水平スタッドの最大せん断力は、ほぼ同等の値となるが、水平スタッドのずれ定数は、鉛直スタッドの約 3 割となる。鉛直スタッドと水平スタッドを併用配置した場合の最大荷重は、スタッドを鉛直および水平に配置した最大荷重の値を累加することで、ほぼ一致するなどの結果が得られた。つぎに、鉛直スタッド、水平スタッドならびに併用スタッドを対象に、繰返し押抜き試験を実施した。一例として、鉛直スタッドにおけるせん断応力振幅と破壊までの繰返し回数の関係を図-3に示す。同図には、95%の非超過確率を考慮した S-N 曲線の特徴値および Eurocode 4, Part-B のスタッドの S-N 曲線も併せて示す。同図より、試験結果は、すべて、Eurocode 4 および Part-B の値を上回る結果となった。

##### (2) 荷重分担率の検討

併用スタッドの繰返し押抜き試験の各繰返し回数と相対ずれ量の関係から、鉛直および水平スタッドが分担する荷重の割合に

ついて検討を行った。その結果、例えば、応力振幅 = 190N/mm<sup>2</sup> の場合、初期載荷において、鉛直スタッドの荷重分担率は、水平スタッドの 1.84 倍になることがわかった。なお、この荷重分担率は、応力振幅の値が小さくなるほど大きくなり、例えば、応力振幅 = 115N/mm<sup>2</sup> の場合、2.38 倍となった。一方、鉛直スタッドの荷重分担率は、繰返し回数の増加に伴い減少することもわかった。なお、実験供試体は、すべて、鉛直スタッドの破断が先行し両者の破壊に至った。

### (3) 試設計

試設計は、支間 80+100+80m の二重合成複合ラーメン I 桁橋を対象に限界状態設計法に基づく照査を行った。下コンクリート床版の打ち込み区間は、合成後死荷重が作用する際に負曲げモーメントが発生する区間とした。下コンクリート床版の厚さは、許容応力度設計法では、中立軸位置から下フランジ上縁までの圧縮領域内で応力照査を満足するように下コンクリート床版厚を変化させた。一方、限界状態設計法では、塑性中立軸位置が下コンクリート床版上縁となるように設定した。照査における抵抗断面は、通常合成区間では全断面有効とした。一方、二重合成区間は、上コンクリート床版を無視し、上コンクリート床版内の橋軸方向鉄筋、鋼桁ならびに下コンクリート床版を抵抗断面とした。限界状態設計法に基づく照査は、複合構造物の性能照査指針(案)に準拠して行った。そして、許容応力度設計法および限界状態設計法に基づいてそれぞれ試設計を行い、概算鋼重の比較を表-3 に示す。

表-3 概算鋼重の比較

	概算鋼重(t)	比較値
許容応力度設計法	786	1.00
限界状態設計法	670	0.85

表-3 より、限界状態設計法を適用すると、許容応力度設計法よりも板厚は増加するが、全橋長に渡って桁高を低くすることができ、概算鋼重が 15%低減されることがわかった。

### (4) まとめ

本研究より、二重合成 I 桁橋の下コンクリート床版における鉛直スタッド、水平スタッドを単独もしくは併用して配置した際の静的および疲労挙動を把握するとともに、鉛直および水平スタッドの本数が同数の場合、スタッドの疲労照査は、鉛直スタッドに対して行えばよいという知見が得られた。さらに、限界状態設計法に基づいて二重合成複合ラーメン I 桁橋を試設計すれば、全橋長に渡って桁断面がコンパクト断面となるため、許容応力度設計法による場合よりも、全橋長に渡って桁高を低くすることができるので、コスト削減が可能と考えられる。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計1件)

発表者名: 木部謙吾, 大山 理, 大久保宣人, 栗田章光  
 発表標題: 二重合成複合ラーメン I 桁橋における下コンクリート床版の施工法と試設計  
 学会等名: 土木学会第 64 回年次学術講演会  
 発表年月日: 2009 年 9 月 3 日  
 発表場所: 福岡大学

[その他]

ホームページ等

<http://www.oit.ac.jp/civil/bridge>

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

大山 理 (Ohyama Osamu)  
 大阪工業大学・工学部・准教授  
 研究者番号: 70411410