二重合成Ｉ桁橋の下コンクリート床版内に配置されたスタッドの静的および疲労挙動に関する研究

大阪工業大学工学部　正会員　○大山　理*
大阪工業大学大学院　学生員　　山本真気*
大阪工業大学工学部　正会員　　栗田章光*

1. はじめに

建設コストの大幅な削減が求められている昨今，筆者らは，製作コストが安価で施工性の良い 2 主 I 桁橋に二重合成構造を適用した構造を考案した [1]．しかしながら，下フランジに溶殖したスタッド(以下，鉛直スタッドと表記)とウェブに溶殖したスタッド(以下，水平スタッドと表記)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，本文では，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，疲労挙動ならびに併用スタッドにおける各スタッドの荷重分担率に関する検討を行った結果について報告する．

2. 実験概要

表-1 に, 各供試体の種類を示す. 供試体の種類は, Type-O が頭付きスタッドの押抜き試験方法(案) (以下 JSSC(案)[2]) 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殖した Type-V(鉛直スタッド), ウェブのみに溶殖した 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殖した 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，30.1N/mm^2，2.61×10^{4}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

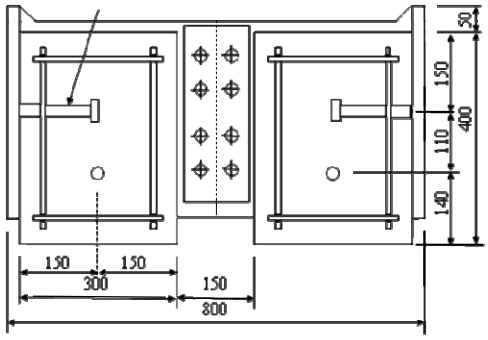

図-1　供試体の形状寸法(Type-VH，寸法：mm)

3. 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	kN
Type-O		573	7.80	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				

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

Key word：二重合成，鉛直スタッド，水平スタッド，静的押抜き試験，繰返し押抜き試験，荷重分担率
*　〒535-8585　大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号　　TEL：(06)6954-3315，FAX：(06)6957-2131

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 曲線の特性値および Eurocode 4[3]，Part-B[4]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．

4. 併用スタッドにおける荷重分担率の検討

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う．

一例として，応力振幅 $\Delta\tau$ =190N/mm^2 の場合の各繰返し回数時における相対ずれ量の平均値から鉛直および水平スタッドの荷重を**図-2** より算出し，その結果を**表-3** に示す．同表より，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 $\Delta\tau$ =115N/mm^2 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．

5. まとめ

本実験より，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．

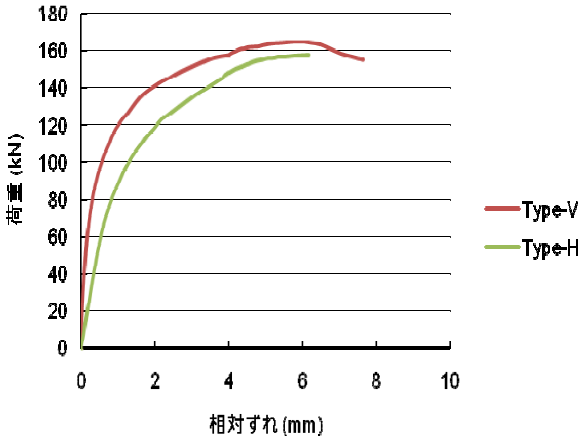

図-2 荷重－相対ずれ関係

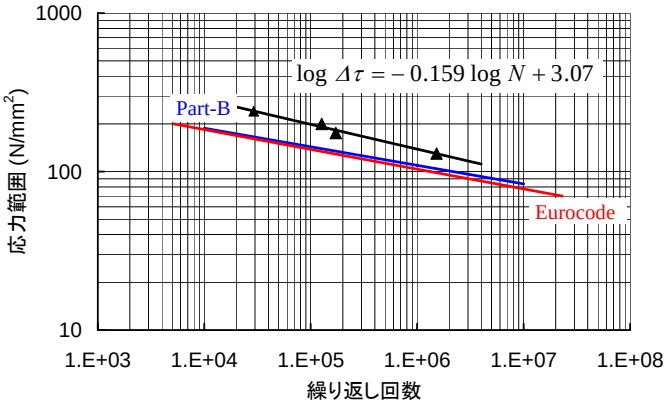

図-3 繰返し押抜き試験結果(Type-V)

表-3 荷重分担率の検討結果

回数	相対ずれ量(平均)[mm]	Type-V [kN] 計測結果	Type-V [kN] 平均	Type-H [kN] 計測結果	Type-H [kN] 平均
1 (初期載荷)	0.365	88.8	89.6 (1.84)	51.2	48.7 (1.00)
		93.5		51.5	
		86.6		43.3	
10000	0.369	88.9	89.9 (1.83)	51.6	49.1 (1.00)
		93.8		51.9	
		87.1		43.8	
30000	0.377	89.4	90.6 (1.82)	52.5	49.9 (1.00)
		94.5		52.7	
		87.9		44.6	
50000	0.411	91.7	93.1 (1.74)	56.1	53.5 (1.00)
		97.4		56.1	
		90.3		48.2	

同表の(　)内の数値は，水平スタッドの荷重を 1.00 とした場合の鉛直スタッドの荷重分担率を示している．

【謝辞】

本研究は，科研費(課題番号：20760306)の助成を受けたものであり，ここに記して深甚の謝意を表する．

【参考文献】

1) 例えば，中野貴史，大久保宣人，大山　理，夏秋義広，栗田章光：鋼・コンクリート二重合成 I 桁橋の力学特性に関する実験的研究，構造工学論文集 Vol.52A，pp.1065~1072，2006 年 3 月．
2) ㈳日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜き試験方法・同解説(案)とスタッドに関する研究の現状，1996 年 11 月．
3) CEN：Eurocode 4：Design of Composite Steel and Concrete Structures Part 2：Bridges, ENV1994-2, 1997.12.
4) 土木学会 鋼構造委員会：鋼構造シリーズ⑨B 鋼構造物設計指針 Part B 合成構造物 [平成 9 年版]，1997 年 3 月．