

水平スタッドの終局挙動，強度の解明に関する実験的研究

建設構造研究室 ドニー・ユリアント
指導教員 長井 正嗣

1. はじめに

近年、橋梁事業における建設コストダウン対応策として連続合成桁のコンパクト断面設計と2重合成桁構造が提案され、複合構造物の合成効果に役割を果たしている頭付きスタッドジベル（以下、スタッドと略記）の設計計算の再整理が不可欠になっている。

2重合成桁橋では中間支点近傍の下床版にコンクリートと鋼を一体化するのに、水平スタッドが提案されている。水平スタッドは配置位置により鉛直スタッドと異なる方向で水平せん断力を伝達することになるので、その終局挙動と強度に不明確なところが多数ある。

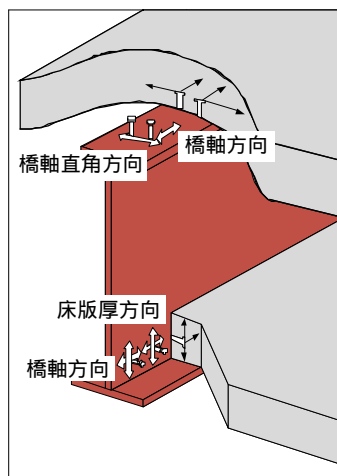


図 - 1 鉛直スタッドと水平スタッドの相違点

本研究では2重合成桁の実現を目指して、水平スタッドの終局挙動と強度特性を明らかにし、日本と海外におけるスタッドせん断耐力式との比較を行う。

水平スタッドの力学的挙動を把握するために、水平スタッド押し抜きせん断試験を行う。

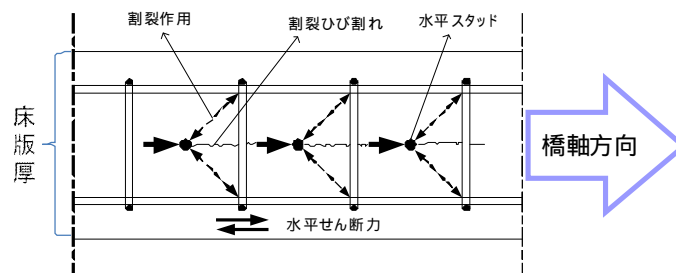


図 - 2 水平スタッドと割裂ひび割れ

2. 水平スタッドについて

水平せん断力の作用を受ける水平スタッドには、図 - 2 に示すモデルが Kuhlman により提案されている。

図 - 2 は水平せん断力が水平スタッドの軸中心から、割裂作用を引き起こし、割裂ひび割れを

発生させることがわかる．この割裂ひび割れは橋軸方向に進展し，コンクリート床版の破壊を引き起こす．そのため，水平スタッドには割裂破壊が決定的な破壊モードになると考えられる．

3. Kuhlman 式

本研究では水平スタッドの強度を床版の補強筋の詳細寸法を用いて評価する Kuhlman 式（式 1）を採用する．

$$P_{Rd,sp} = \frac{1.42k_v(f_{ck}da'_r)^{0.4}(a/s)^{0.3}}{\gamma_v} \quad (1)$$

4. 水平スタッド押し抜きせん断試験

4.1 試験概要

スタッドにより一体化したコンクリートブロックと鋼板の供試体に圧縮荷重を負荷し，相対ずれ変位を測定する．また，同時にスタッド根本部のひずみを測定し，コンクリートブロックのひび割れ様子を観察する．

4.2 供試体パラメータ

供試体は図 - 3～図 - 5 に示す 2 種類下床版を再現し，スタッド 1 列と 2 列の配置（Case 1 と Case 2）と全水平スタッドとミックスタッド（Case 3 と Case 4）を試験パラメータとする．

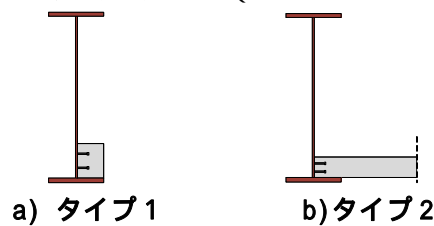


図 - 3 下床版の形式

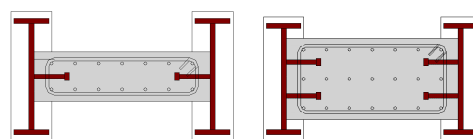


図 - 4 Case 1 と Case 2

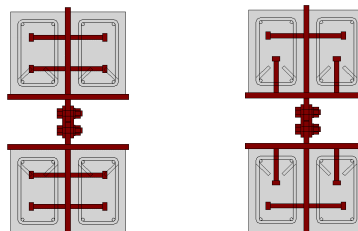


図 - 5 Case 3 と Case 4

すべての供試体において，Kuhlman 式の規定に従い，以下の寸法を統一する．

表 - 1 Kuhlman 式の寸法

水平スタッド寸法 (Kuhlman式により) (mm)		
有効エッジ距離(ar')	(50mm)	68
スタッドの間距離(a)		120
スターラップの間距離(s)	(a/2 s a)	120
スターラップの軸径(d _s)	(d _s >8mm)	13

表 - 2 供試体材料特性値

鋼材	
材質:	SS400
ヤング係数	2×10 ⁵ N/mm ²
コンクリート圧縮強度	
材齢:32日	36.7 N/mm ²
材齢:36日	37.2 N/mm ²
スタッド	
引張強度	487 N/mm ²

4.3 試験結果

Case 1 と Case 2 の作用せん断力 - 相対ずれ変位を図 - 6 , Case 3 と Case 4 の作用せん断力 - 相対ずれ変位を図 - 7 に示す .

- 水平スタッドの 1 列と 2 列配置の比較からほぼ同じずれ性状とせん断耐力が得られる .
- ミックススタッド配置は全水平スタッド配置と比較すると , ほぼ同じせん断耐力を示すが , ミックススタッド配置の方がずれ性状が高い .

5. 試験結果とスタッドせん断耐力式との比較

図 - 8 と表 - 3 に実験値と各算定式との比較を示す .

表 - 3 Case 1 , 2 と水平スタッド算定式との比較

試験体番号	Q _{max} (kN)	Kuhlman式(kN)		Chang式(kN)	
		P _{Rd,sp}	P _{Rd,sp} / Q _{max}	P _L	P _L / Q _{max}
Case 1 平均	89	108.39	1.22	100.11	1.13
Case 2 平均	92	108.39	1.18	100.11	1.09

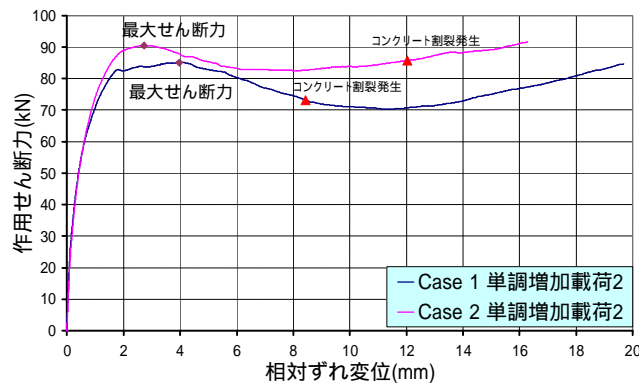


図 - 6 Case 1 と Case 2 の比較

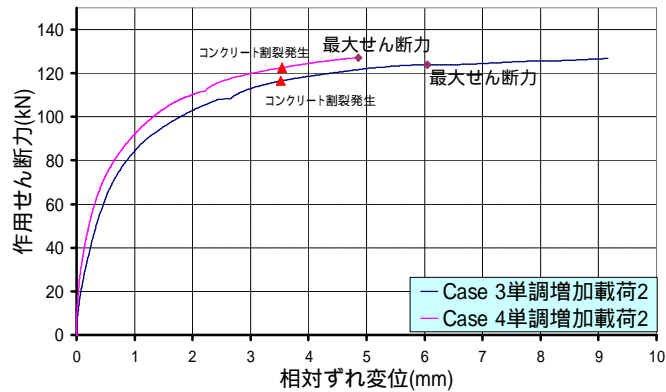


図 - 7 Case 3 と Case 4 の比較

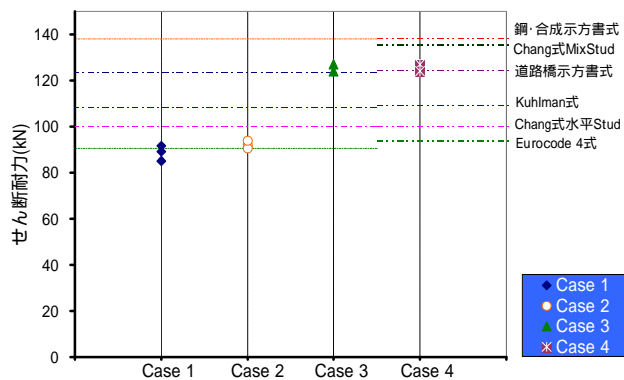


図 - 8 各 Case の実験値と算定値との比較

6. 結論

1) 水平スタッド 1 列と 2 列配置の強度特性

Case 1 と、Case 2 について、両 Case はほぼ等しい強度を有していることを確認できた。

2) 水平スタッド 1、2 列配置と水平スタッド算定式との適合

Kuhlman 算定式は実験値に対して、約 1.25 倍となった。Kuhlman は、設計式については算定式に対して 1.25 の部材係数 (部分係数) を提案している。そのため、部分係数は比較的良い一致を示している。一方、Chang 式は部分係数 1.25 を考慮すると、10%程度安全側となる。

3) 作用せん断力 - 相対ずれ変位関係において、荷重载荷に伴い、作用せん断力の上昇、低下、上昇の現象が現れた。この理由は、供試体断面が密な補強鉄筋とスターラップで拘束されるためと考えられる。

4) Case 3,4 について、スタッド 1 本当りの強度は、ほぼ等しい値となった。

5) Case 3 と Case 4 のスタッド 1 本当りの強度は、Case 1 と 2 の約 40% と大きな値となった。本構造でのスタッドの設計のあたり、水平スタッド、ミックススタッドのケースで Kuhlman 式を安全側で利用できると考える。