

水平スタッドのせん断特性に関する実験的研究 (その2)

—せん断強度の評価—

長岡技術科学大学 正会員 長井正嗣 宮下剛 岩崎英治
 埼玉大学 正会員 奥井義昭
 東京鐵骨橋梁 正会員○碓山晴久 平山繁幸 石川健一 永崎央輔

1. はじめに

公共事業に対するコスト削減は、現在の社会的要求事項であり、鋼道路橋の建設においても合理的な構造形式を提案することが、重要な課題となっている。現在、合理的な鋼上部構造である鋼2主I桁橋に着目して、連続合成桁の中間支点部負曲げ領域の下フランジ側にコンクリート版を取付け、二重合成桁として設計することが提案¹⁾されている。二重合成I桁橋は、**図-1**に示すように主桁の腹板に垂直となるよう頭付きスタッドを取付け、下側コンクリート版を主桁と合成させる構造である。

現在、水平方向に取付けたスタッド（以下水平スタッドと称す）の設計せん断力算定式は、公的にはEurocode4（以下EC-4と称す）で設定されているのみである。EC-4では、水平スタッドとコンクリート版を結合させた場合には、コンクリート版を厚さ方向に分割する**図-2**に示すひび割れが生じて終局に至るとされており、このひび割れを制御するスターラップの間隔が考慮されている。

本稿では、EC-4式の適用の妥当性を確認することを目的として、水平スタッドの要素試験の一つである押抜きせん断試験を実施し、その結果を報告するものである。

2. せん断強度評価

水平スタッドは、EC-4の式(1)に示す設計せん断力に対して設計される。

$$P_{Rd,L} = \frac{1.4k_v(f_{ck} \cdot d \cdot a'_r)^{0.4}(a/s)^{0.3}}{\gamma_v} \quad [\text{kN}] \quad \text{式(1)}$$

ここで、 k_v : 構造係数、 f_{ck} : コンクリート圧縮強度、 d : スタッド軸径、 a'_r : スターラップとスタッドの有効距離、 a : スタッド水平間隔、 s : スターラップ間隔、 γ_v : 部分係数を示す。式(1)は、Kuhlmannの実験研究²⁾から提案された設計式であり、実験されたモデルは、主桁とコンクリート版との結合構造別に2タイプ(**図-3**)を対象にして、コンクリート版の中間部でスタッドと結合したモデルとコンクリート版の側端部で結合したモデルである。このとき、最大せん断耐力の算定式は、実験値を回帰曲線で表したものに対して、実験の下限値を下回るように設定されている。

3. 押抜きせん断試験

検討対象とする二重合成桁は、**図-1**に示す構造と簡略化した**図-4**に示す構造の2種類とする。試験体は、**図-1**の形式に対して、Case1とスタッド列数を変えたCase2のモデルとし、**図-4**の形式に対しては、Case3と垂直スタッドを混合したCase4のモデルとして、それぞれ3体を製作した。スタッドは、径を $\phi 19$ として全高が150mmのものを使用した。試験体の構造を**図-5**に示す。

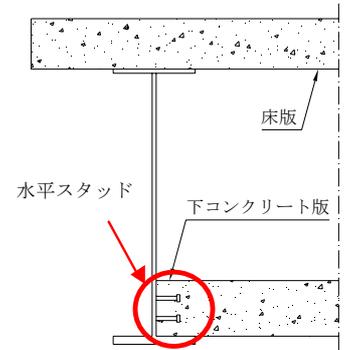


図-1 二重合成桁の概要

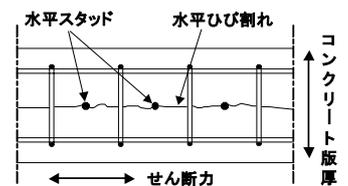
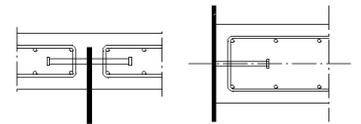


図-2 水平ひび割れ



(a) 中間部結合 (b) 端部結合

図-3 スタッド結合構造

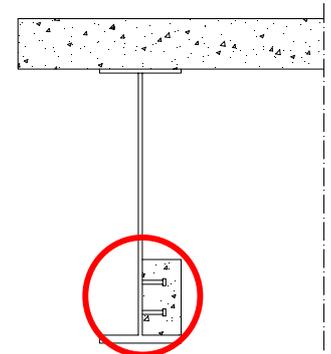


図-4 コンクリートブロック構造

キーワード: 二重合成構造, 水平スタッド, 最大せん断力

連絡先: 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-18-32 株式会社東京鐵骨橋梁 技術開発部 TEL 03-3451-1144 FAX 03-5232-3335

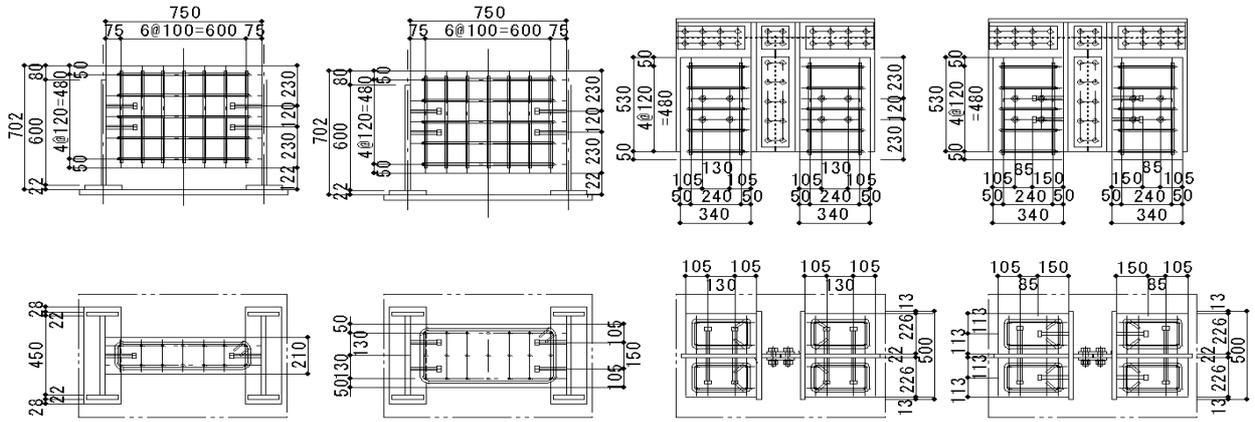


図-5 試験体の形状と寸法

試験は、試験体 Case ごとに荷重単調増加荷重を 2 体行い、1 体は荷重漸増繰返し荷重を行った。スタッド 1 本あたりの作用せん断力-ずれ変位曲線を図-6 に示し、最大せん断耐力を表-1 に示す。表-1 は試験体 3 体の平均値で、Case1 と Case2 の値および Case3 と Case4 の値はほぼ同じであり、Case1 と Case2 に比較して Case3 と Case4 のほうが約 4 0 % 高い値となった。最大せん断耐力に関して、水平スタッドの算定式による値と実験値の比較を図-7 に示す。Case1 と Case2 の最大せん断耐力は、最大せん断耐力算定式の値より低い結果となったが、部分係数を考慮した値とほぼ同程度となった。

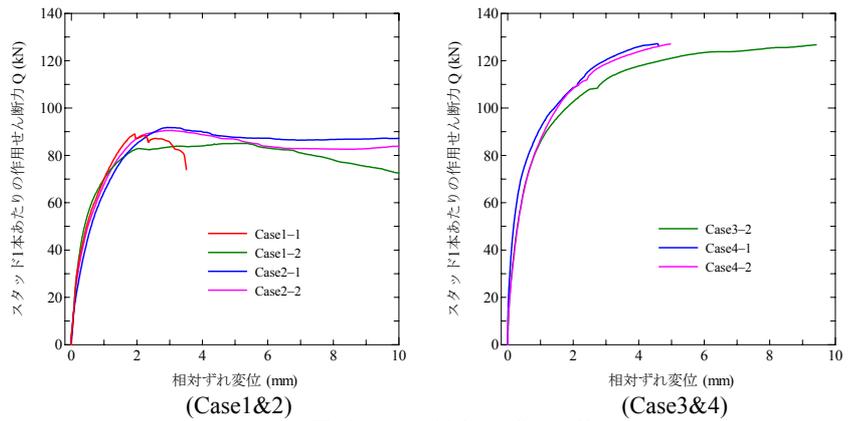


図-6 せん断力-ずれ変位

4. 考察

Kuhlmann の研究では、破壊性状がスタッドの引抜きモードになる試験体は最大せん断耐力が低下すると報告されている。EC-4 では、水平スタッドの破壊現象としてスタッドの引抜きモードを防ぐためには、スタッドとスターラップの位置関係を示す β の角度 (図-8) を、 30° 以下とすればよいとされているが、今回の Case1, Case2 の試験体では、 36° であった。また、Kuhlmann の実験で使用されたスタッドは $\phi 22$ を基準として、51 体の試験体のうち $\phi 19$ を使用したものは 3 体のみであった。

5. まとめ

本試験で得られた結果を以下に示す。

- Case1, Case 2 の最大せん断耐力は、EC-4 式より低い値となったが、部分係数を考慮した設計せん断力式とほぼ同程度であった。
- Case3, Case4 の最大せん断耐力は、EC-4 式を満足しており、本モデルに関して垂直スタッドを混合することによる影響は小さいと考えられる。

今回の実験は、想定した二重合成桁の下側コンクリート版を結合する水平スタッドに対して、EC-4 式の適用の妥当性を確認することを目的とした。

実験で Case1 および Case2 の最大せん断耐力の値が低くなった主要因は、引抜き防止の制限の影響であるかスタッド径によるものかについて検討する必要がある。

表-1 最大せん断耐力

Case名	スタッド本数	最大せん断耐力(kN)	
		試験体	スタッド1本あたり
Case1	4	354.4	88.6
Case2	8	737.6	92.2
Case3	16	2022.4	126.4
Case4	16	2033.6	127.1

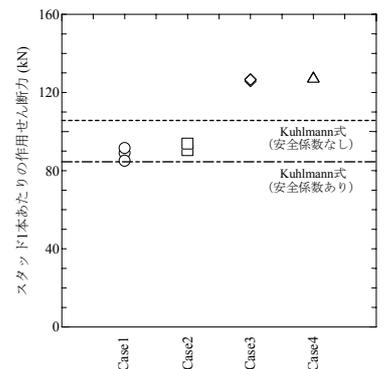


図-7 最大せん断耐力

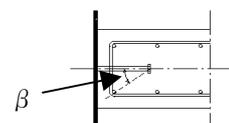


図-8 スターラップの位置関係

<参考文献> 1) 日本鋼構造協会 鋼橋性能向上研究委員会・合理化設計法部会：合成桁の限界状態設計法試案，平成 18 年 10 月
 2) Kuhlmann, Breuninger：Behaviour of Horizontally Lying Studs with Longitudinal Shear Force, Composite Constructin in Steel and Concrete IV, 2002