

頭付きスタッドの直接せん断試験によるせん断耐力の検討

宇都宮大学 学生員 ○越智みちる フェロー会員 中島章典
学生員 NGUYEN MINH HAI

1. はじめに

複合構造において鋼材とコンクリートとの間に付着作用を確保する方法として、現在、頭付きスタッド（以下、スタッドと略記）が多く用いられている。

スタッドのせん断耐力を調べる実験的な方法として、日本鋼構造協会の押抜き試験方法（案）¹⁾（以下、押抜き試験と略記）が提案された。一般に、押抜き試験体の破壊はスタッドのせん断破壊によるものと、コンクリートの割裂によるものと2つのモードがあることが知られている。しかし、実際には、2つの破壊モードの相互作用によって決まっていると考えられ、純粋にスタッドのせん断破壊が起こるときのスタッドのせん断耐力は検討されない。

そこで本研究では、破壊の2つのモードのうち純粋にスタッドのせん断破壊が起こるときのせん断耐力を直接せん断試験によって確認する。

2. 実験概要

(1) 実験方法

実験では、スタッド軸部を模擬した直径16mm、長さ約700mmの丸鋼を用い、図-1のような状況で直接せん断試験を行う。図-1のCenter steel plateで示している丸鋼を通す鋼板（以下、中央鋼板と略記）の両側に丸鋼を固定する治具（以下、治具と略記）を配置している。そして、丸鋼の浮き上りを防止する目的およびスタッド頭部による引抜き抵抗を表現する目的のために丸鋼を両側の治具と鋼板（以下、上鋼板と略記）で挟み、治具と上鋼板に空いている4つの孔にそれぞれボルトを通し締め付ける。中央鋼板に鉛直方向の荷重を与えることで、丸鋼に2面せん断力を与える。

図-2は治具等の寸法を示すが、図中でDistanceと示している中央鋼板と治具との隙間の大きさおよびボルトを締め付けることによる摩擦作用の強弱をパラメータとして設定した。摩擦作用の強弱をボルトを締め付けるときの力の強弱によって変えた。

治具の寸法は、幅300mm、奥行200mm、高さ108mmであり、丸鋼を挟む上鋼板は、幅300mm、奥行き200、厚さ28mmであり、中央鋼板は、厚さ30mm、奥行き65mm、高さ89mm、丸鋼を通す孔の直径17mmである。フレーム式載荷試験機に油圧ジャッキとロードセルを取り付け、載荷点が中央鋼板中心となるように試験体と治具を設置し、単調載荷を行った。その際、載荷板および球座を用いた。

実験に用いた試験体一覧と実験で得られたせん断耐力を表-1に示す。試験体名について説明する。試験体名のLの後に続く数字は隙間の長さを示している。また摩擦作用の強弱をS、Wを添えることで区別した。例えば、隙間が4.5mm

表-1 各試験体の特徴とせん断耐力

試験体名	隙間 (mm), 摩擦作用	せん断耐力 (kN)
L4.5S	4.5, 強	80.9
L5S	5, 強	85.3
L5W	5, 弱	87
L10S	10, 強	87
L10W	10, 弱	85.4
L15S	15, 強	80.2
L15W	15, 弱	85.6
L20S	20, 強	88.2
L20W	20, 弱	-

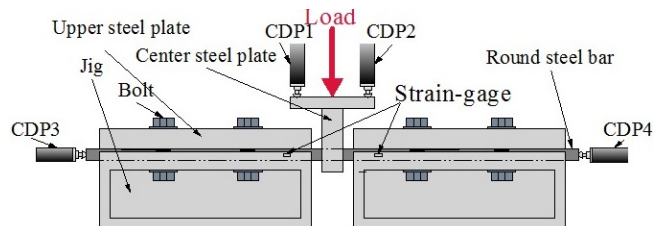


図-1 直接せん断試験図

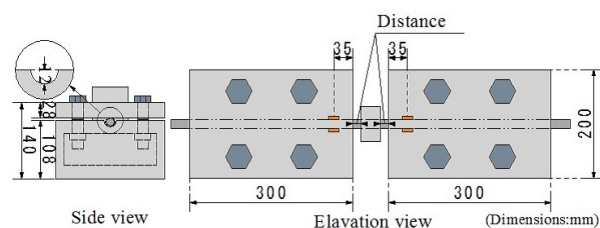


図-2 治具等の寸法

で摩擦作用が強い試験体を L4.5S と表記する。

図-2に示すように丸鋼の軸ひずみを計測するため、治具端部から35mmの位置の丸鋼の側面にそれぞれひずみゲージを貼りつけ計測した。図-1に示すように丸鋼位置における治具と中央鋼板との間の荷重作用方向の相対変位（以下、鉛直方向変位と略記）を高感度変位計（以下、CDPと略記）のうちCDP1とCDP2で計測した。丸鋼両端における水平方向の変位（以下、水平方向変位と略記）をCDP3とCDP4で計測した。

(2) 使用材料

使用した丸鋼はJIS規格SR235、降伏点および引張強さはそれぞれ、331N/mm²および496N/mm²である。

(3) 実験結果

L4.5S, L5W, L5S, L10S, L15S, L15W, L20Sの試験体では、せん断力が最大となったのち中央鋼板側のせん断面の片方で破断した。しかし、L10Wの試験体では、せん断力が最大となったのち治具側のせん断面片方で破断した。

Key Words: 複合構造, 頭付きスタッド, 直接せん断試験, せん断耐力

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科建設工学コース Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6210

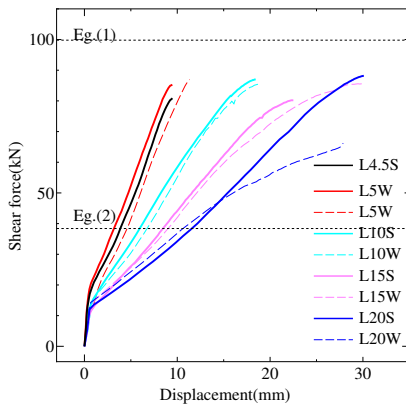


図-3 セン断力ー鉛直方向の変位関係

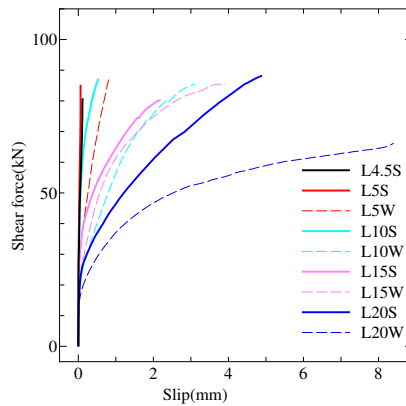


図-4 セン断力ー水平方向変位関係

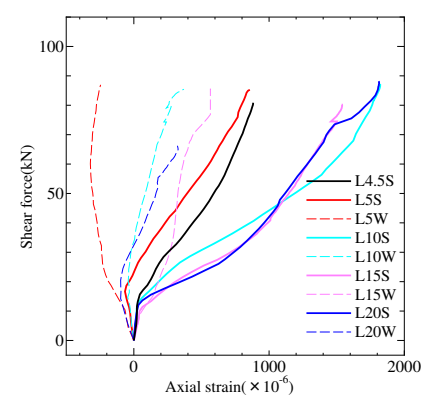


図-5 セン断力ー軸ひずみ関係

L20W の試験体では、鉛直方向の変位が大きくなり載荷板と上鋼板がぶつかってしまい、試験体が破断する前に載荷終了となった。しかし、本実験では、各試験体のせん断耐力とパラメータの間には明確な傾向は見られない。

全試験体のせん断力ー鉛直方向変位関係を図-3 に示す。鉛直方向変位は、CDP で計測した載荷板上の鉛直方向の変位 2ヶ所の平均とした。縦軸はせん断力であり、横軸は鉛直方向変位である。図-3 を見ると、隙間が大きいほど、同じせん断力に対して鉛直方向変位が大きくなっている。また、図中の同じ隙間の試験体を比べると、摩擦作用が弱いときのほうが摩擦作用が強いときより同じせん断力に対して鉛直方向変位が少し大きくなるがあまり差は見られない。

全試験体のせん断力ー水平方向変位関係を図-4 に示す。横軸は CDP で計測した丸鋼の軸方向端部の変位 2ヶ所の平均とした。縦軸はせん断力であり、横軸は水平方向変位である。図-4 から、隙間が大きいほど、同じせん断力に対して水平方向変位が大きくなっている。また、図中の同じ隙間の試験体を比べると、同じせん断力に対して隙間が大きい場合摩擦作用が弱いときの方が摩擦作用が強いときより水平方向変位は差が大きくなり、隙間が小さい場合摩擦作用の変化による水平方向変位の差は小さくなる。

全試験体のせん断力と丸鋼の軸ひずみの関係を図-5 に示す。図中の縦軸は試験体のせん断力を表しており、横軸は、丸鋼の軸ひずみである。図-5 より、図中の同じ隙間の試験体を比べると摩擦作用が小さいときおよび隙間が小さいときひずみは小さくなるが、全体的には軸ひずみがあまり大きくない。

(4) 考察

複合構造標準示方書²⁾に基づくスタッドのせん断破壊によるせん断耐力を以下の式 (1) に示す。

$$V_{ssu2} = A_{ss} f_{su} \quad (1)$$

V_{ssu} : 頭付きスタッドのせん断耐力 (N)

A_{ss} : スタッドの軸部の断面積 (mm^2)

f_{su} : スタッドの引張強度 (N/mm^2)

本実験で用いた丸鋼の材料特性に基づき式 (1) で計算されるせん断耐力は 99.8kN である。表-1 に示すせん断耐力はせん断面 1 面当たりの値であるが、いずれの試験体のせん

断耐力も式 (1) より求めた計算値よりも小さくなった。押抜き試験ではコンクリートブロックと H 形鋼フランジ間で摩擦作用が生じせん断力が伝達されると言われている³⁾が、本実験では押抜き試験のようなコンクリートブロックと H 形鋼フランジ間で摩擦作用がないため、式 (1) で計算されるせん断耐力より小さい値となったことが考えられる。試験体によってせん断耐力にばらつきがあり、摩擦作用や隙間の大きさがせん断耐力に及ぼす影響ははっきりしない理由としては、図-5 を見てみると、全試験体においてひずみはあまり大きくなく載荷が進むにつれて中央鋼板中の試験体は硬化が生じ引張破断により切断したことが考えられる。

図中の Eg.(2) は以下の式 (2) に示す丸鋼の降伏強度に基づいて求めた降伏せん断力である。

$$V_{ssu} = \frac{A_{ss} F}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

V_{ssu} : 丸鋼の降伏せん断力 (N)

A_{ss} : 丸鋼軸部の断面積 (mm^2)

F : 丸鋼の降伏強度 (N/mm^2)

なお、式 (2) で計算される降伏せん断力は 38.4kN となった。いずれのせん断耐力も式 (2) の計算値より大きい。

3. まとめ

本研究では、スタッドのせん断耐力を従来の押抜き試験ではなく、破壊の 2つのモードのうち純粹にスタッドのせん断破壊が起こるときのせん断耐力を直接せん断試験によって確認した。

その結果、本実験で得られたせん断耐力は複合構造標準示方書に基づくスタッドのせん断破壊によるせん断耐力よりも小さくなった。この理由は、押抜き試験時のようなコンクリートブロックと H 形鋼フランジ間の摩擦の影響などがないためと考えられる。

なお、本研究を行うに当たっては、北武コンサルタント株式会社副社長渡辺忠朋氏に貴重な助言をいただいた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会: 頭付スタッドの押抜き試験方法 (案) とスタッドに関する研究の現状, JSSC テクニカルレポート, No35, 1966.
- 2) 土木学会: 複合構造標準示方書 (2009 年制定), 2009.
- 3) 土木学会 複合構造委員会: 複合構造ずれ止めの抵抗機構の解明への挑戦, 複合構造レポート 10, 2014.7.