平形鋼および角形鋼管のせん断耐力の算定方法に関する研究

清水建設　正会員　○朱　暁旭　滝本和志　田中博一
日本ファブテック　正会員　大久保宣人　山本将士
近畿大学　正会員　東山浩士

１．はじめに

鋼コンクリート合成床版の開発において，平形鋼および角形鋼管をずれ止めとして使用することを検討している．本研究では，平形鋼および角形鋼管の押抜きせん断試験を実施し，形鋼シアコネクタの設計せん断耐力計算式を用いて，平形鋼および角形鋼管のせん断耐力を評価することを試みた．

２．試験概要

試験パラメータは，ずれ止めの種類（平形鋼，角形鋼管[1)]）とした．試験体の種類を**表１**に示す．各３体ずつ合計６体の試験を行った．

押抜きせん断試験は，頭付きスタッドの押抜き試験方法（案）[2)]を参考に実施した．押抜き試験体の形状を**図１**に示す．角形鋼管内部にコンクリートが入らないように，端部は発泡スチロールで蓋をした．試験体は，添接板で一体化したH形の部材と，コンクリートブロック（幅500mm，厚さ174mm，高さ400mm）により構成した．H形の部材のフランジ幅が，平形鋼は400mm，角形鋼管は420mmと異なる以外，試験体のその他の形状寸法はすべて同じとした．

コンクリートは軽量コンクリートとした．コンクリート打設の際には，実構造と打設方向が一致するように，ウェブを下にした状態で，平形鋼または角形鋼管の頭部からコンクリートを打設した．コンクリート打設前にコンクリートと接触するフランジ面にグリース等の剥離剤は塗布していない．**写真１**に載荷状況を示す．載荷方法は，一方向（押し込みのみ）の漸増繰返し載荷とした．溝形鋼とPC鋼棒で開き止めを設置した．除荷は，荷重が50kN，100kN，150kN，200kN，250kN，鉛直ずれが0.25mm，0.5mm，0.75mm，1.0mm，1.5mm，2.0mm，3.0mm，4.5mm，6.0mm，8.0mm，10mmの時に行うことを基本とした．計測項目は，載荷荷重，フランジとコンクリートブロックの相対変位（鉛直ずれ変位）とした．ずれ止め１本に作用するせん断力は，載荷荷重をずれ止めの本数（２本）で除して求めた．ずれ変位は，左右表裏４点の平均値とした．

表１　試験体の種類

試験体名	ずれ止めの種類	寸法(mm)
SS-1,2,3	平形鋼	75×9
SP-1,2,3	角形鋼管	75×150×3.2

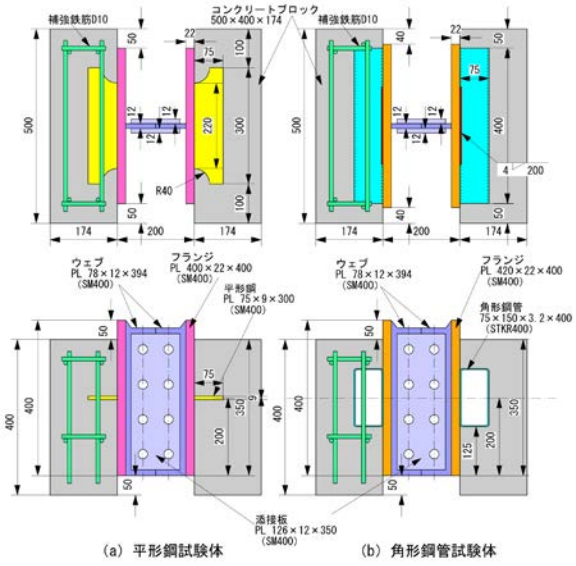


図１　押抜き試験体の形状

３．ずれ止めのせん断耐力評価法

図２にせん断力とずれ変位の関係を示す．**表２**に押抜きせん断試験で得られたせん断耐力の一覧を示す．SSシリーズの平均値は378.0kN，SPシリーズの平均値は288.0kNとなった．実験において平形鋼と角形鋼管の破壊状況はほぼ同様でコンクリートの圧縮破壊であった．

角形鋼管のせん断耐力評価式がないことから，角形鋼管を厚さ3.2mm，高さ75mmの形鋼シアコネクタと見なして，形鋼シアコネクタの設計せん断耐力の計算式[3)]を用いてせん断耐力を計算した．平形鋼には半径40mmの切り欠きを入れているため，

キーワード　鋼コンクリート合成床版，軽量コンクリート，ずれ止め，押抜きせん断試験，平形鋼，角形鋼管
連絡先　〒135-8530　東京都江東区越中島三丁目4-17　清水建設株式会社　技術研究所 TEL 033-820-6418

平形鋼の幅に関しては，式(1)では同面積に対して等価幅 266mm を用い，式(2)では溶接部の長さ 220mm を用いて最大せん断耐力を計算した．角形鋼管は，上側の部分を無視した．

$$V_{su} = 0.0056 h_{sc} w_{sc} \sqrt{f'_{cd}} k_1 k_2 k_3 / \gamma_b \quad (1)$$

$$V_{su} = 0.001 t_{sc} w_{sc} f_{scyd} / \sqrt{3} / \gamma_b \quad (2)$$

ここに，

V_{su}：形鋼シアコネクタのせん断耐力（kN）

$k_1 = 2.2(t_{sc}/h_{sc})^{2/3}$　ただし，$k_1 \leq 1$

$k_2 = 0.4\sqrt{t_f/t_{sc}} + 0.43$　ただし，$k_2 \leq 1$

$k_3 = \sqrt{s_{sc}/h_{sc}/10}$　ただし，$k_3 \leq 1$

f'_{cd}：コンクリートの圧縮強度（N/mm^2）

h_{sc}：形鋼の高さ（mm）

w_{sc}：作用せん断力と直角方向の形鋼の幅（mm）

t_{sc}：形鋼の溶接部を考慮した厚さもしくは母材の厚さのうち小さい方の値（mm）

f_{scyd}：形鋼の引張降伏強度（N/mm^2）

t_f：形鋼が付いている鋼板の厚さ（mm）

s_{sc}：作用せん断力方向の形鋼の配置間隔（mm）

γ_b：部材係数（1.0 とする）

形鋼シアコネクタの設計せん断耐力の計算式によりせん断耐力を算定した結果は**表 3** に示すように平形鋼は 304.5kN，角形鋼管は 235.6kN となる．どちらも値の小さい式（1）が最大せん断力の計算値となり，コンクリートの破壊で最大せん断力が決まることになる．試験においてもコンクリートが破壊していることより，破壊パターンは一致する．計算値に対する本試験における最大せん断力の比は，平形鋼の場合は 1.24，角形鋼管の場合は 1.22 となり，形鋼シアコネクタの設計せん断耐力式より算定できる可能性が得られた．

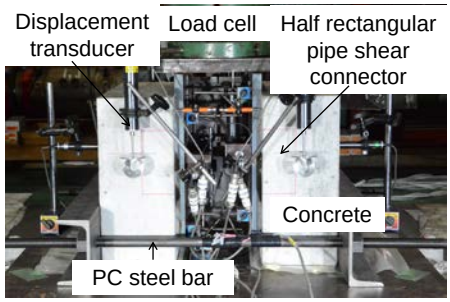
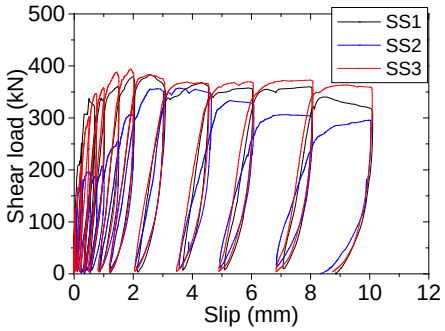
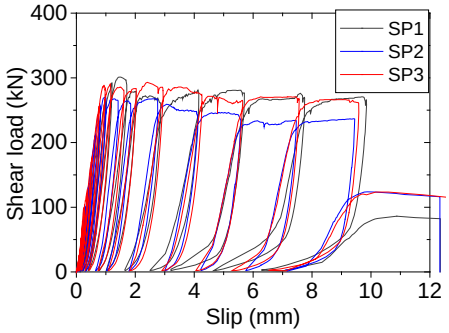


写真 1　載荷状況



（a）SS シリーズ



（b）SP シリーズ

図２　せん断力とずれ変位の関係

4. おわりに

本研究では，形鋼シアコネクタの設計せん断耐力の計算値を用いた計算結果に対して，平形鋼と角形鋼管の最大せん断力の比は 1.2 倍程度となった．本研究で試験ケースは限られているので，更なる検討が必要であると考えられる．

表２　せん断耐力の実験値

平形鋼	SS1	SS2	SS3	平均値
V_{max}（kN）	383.4	357.1	393.6	378.0
角形鋼管	SP1	SP2	SP3	平均値
V_{max}（kN）	301.1	269.7	293.1	288.0

表３　せん断耐力の計算値

試験体	f'_{cd} N/mm^2	f_{scyd} N/mm^2	h_{sc} mm	w_{sc} mm	t_{sc} mm	t_f mm	s_{sc} mm	計算値 式(1)	計算値 式(2)	実験値	実験値/計算値
SS	55.4	301.0	75	266*/220**	9	22	350	304.5	344.1	378.0	1.24
SP	58.4	386.4	75	400	3.2	22	350	235.6	285.6	288.0	1.22

*：平形鋼の切り欠きを考慮した等価幅　**：平形鋼の溶接部の長さ

参考文献

1) 朱暁旭，滝本和志，大久保宣人，東山浩士：角形鋼管のずれ止め性能に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，2018

2) 日本鋼構造協会：頭付き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 No.35，1996.11

3) 複合構造標準示方書（2014 年制定，土木学会）「設計編」