

溶接スタッド鉄筋工法によるせん断および引張性能 (その4 低強度コンクリートへの適用性に関する検証実験)

耐震補強 異形スタッド 溶接スタッド鉄筋工法
せん断試験 引張試験 低強度コンクリート

正会員○矢幡 秀介^{*1} 正会員 佐藤幸之進^{*2}
正会員 安藤 重裕^{*3} 正会員 樋渡 健^{*4}
正会員 有木 克良^{*5} 正会員 秋山 友昭^{*6}

1. はじめに

筆者らは、SRC 造建物の耐震補強工事を実施する際、既存躯体の鉄骨部材位置により、あと施工アンカーで必要な有効埋込長さが確保できない場合のため、既存躯体の鉄骨部分に直接スタッド鉄筋を溶接する溶接スタッド鉄筋工法の開発を進めている。これまでに、スタッド鉄筋径 D16～D22 のせん断および引張試験を行い、その力学的性能について確認してきた^{1, 2)}。今回、さらに適用範囲の拡大を目的として、低強度コンクリートに対する性能を明らかにするため、追加試験を実施した。

本報では、低強度コンクリートに対する溶接スタッド鉄筋工法のせん断および引張試験を実施した性能確認試験結果の一部について報告する。

2. 試験概要

せん断および引張試験は、SRC 造既存躯体におけるラチス鉄骨のフランジ部分への溶接を想定し、厚さ 6.0mm (D16)、厚さ 8.0mm (D19, D22)、幅 65mm の L 形鋼をコンクリート内に埋設した部材に対して実施した。コンクリート表面から鋼材までの埋設深さは、あと施工アンカーを使用できない埋込長さとして実案件での採用を想定した 5da (da : スタッド径) とし、鋼材への溶接位置は鋼材芯とした。また、D16 および D19 に関しては、溶接施工時の姿勢を考慮して、下向き、横向きおよび上向きの各条件で施工を実施した。各試験体諸元の一覧を表-1 に、試験体の母材コンクリートおよび充填グラウトの材料試験結果を表-2 に、鋼材の機械的性質を表-3 に示す。

表-1 試験体諸元

試験体名	試験項目	スタッド径	鋼材 かぶり厚	埋設鋼材	コンクリート 種別	溶接 方向
S-16-5-L6-D	せん断 試験 (S)	D16	80mm (5da)	L-65×65×厚さ6 (SS400)	普通 コンクリート	下 (D)
S-16-5-L6-LR						横 (LR)
S-16-5-L6-U						上 (U)
S-19-5-L8-D		D19	95mm (5da)	L-65×65×厚さ8 (SS400)		下 (D)
S-19-5-L8-LR						横 (LR)
S-19-5-L8-U						上 (U)
S-22-5-L8-D	D22	110mm (5da)	L-65×65×厚さ8 (SS400)	下 (D)		
T-16-5-L6-D	引張 試験 (T)	D16	80mm (5da)	L-65×65×厚さ6 (SS400)	普通 コンクリート	下 (D)
T-16-5-L6-LR						横 (LR)
T-16-5-L6-U						上 (U)
T-19-5-L8-D		D19	95mm (5da)	L-65×65×厚さ8 (SS400)		下 (D)
T-19-5-L8-LR						横 (LR)
T-19-5-L8-U						上 (U)
T-22-5-L8-D	D22	110mm (5da)	L-65×65×厚さ8 (SS400)	下 (D)		

表-2 コンクリートとグラウトの材料試験結果

母材コンクリート		充填グラウト	
圧縮強度 σ_B (N/mm ²)	ヤング係数 E_c ($\times 10^4$ N/mm ²)	圧縮強度 σ_{GB} (N/mm ²)	ヤング係数 E_{Gc} ($\times 10^4$ N/mm ²)
12.6	2.02	61.0	2.39

表-3 鋼材の機械的性質

スタッド筋	降伏強度 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_{su} (N/mm ²)	伸び (%)
D16 (KSW490)	362	511	24.0
D19 (KSW490)	408	536	24.0
D22 (KSW490)	415	538	23.0

埋設鋼材	公称厚さ (mm)	降伏強度 σ_{sy} (N/mm ²)	引張強度 σ_{su} (N/mm ²)
L形アングル 等辺山形鋼 (SS400)	6.0	340	457
	8.0	312	461

せん断試験および引張試験の加力方法は、(社)日本建築あと施工アンカー協会の方法に準じて行った。計測は、荷重および変位 2 点とした。また、引張試験に関しては、油圧ジャッキの変位を追加で計測した。せん断試験および引張試験の状況写真を図-1 に示す。



(a) せん断試験 (b) 引張試験

図-1 試験状況写真

3. 試験結果

実験結果の検証は、「財団法人日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説 2001」³⁾ による計算値と実験値との比較および最終破壊形式の確認により行った。あと施工アンカーのせん断耐力および引張耐力の算定式をそれぞれの試験結果欄外に示す。なお引張耐力に関しては、本工法ではスタッド筋が鋼材に溶接されているため、コーン状破壊 (T_{a2}) および付着破壊 (T_{a3}) での破壊モードは起こらないと仮定し、スタッド筋の降伏で決まる引張耐力 (T_{a1}) のみで評価した。

Experimental study of Shear and Tension Performance by Welding stud reinforcement method
Part 4. Verification experiment of Low strength concrete.

YAHATA Shusuke, SATO Kounoshin, ANDO Shigehiro,
HIWATASHI Takeshi, ARIKI Katsuyoshi and AKIYAMA Tomoaki

(a) せん断試験結果

せん断試験における試験結果の一覧および実験値と計算値の比較を表-4に、各パラメータにおけるせん断試験結果の荷重変形関係を図-2に示す。

せん断試験の結果、最終破壊形式は、D16が支圧破壊と母材破断が混在する結果となり、D19およびD22に関してはすべて支圧破壊となった。母材コンクリートが低強度コンクリートの場合、スタッド筋からの支圧応力状態が厳しく、コンクリートが破壊されて耐力が低下する状況となった。しかし、実験値は計算値を上回る結果であった。また、その傾向は、スタッド径が大きいほど顕著であった。支圧破壊での最終破壊状況写真を図-2にあわせて示す。

表-4 せん断試験結果

試験体 No.	計算値		実験値		実験/計算	破壊形式
	Qa1 (kN)	Qa2 (kN)	Pmax (kN)	δp_{max} (mm)		
S-16-5-L6-D	50.33	39.95	87.91	32.34	2.20	支圧破壊
S-16-5-L6-LR			79.21	30.70	1.98	母材破断
S-16-5-L6-U			78.41	27.90	1.96	母材破断
平均値			81.84	30.31	2.05	
S-19-5-L8-D	81.82	57.63	90.80	28.05	1.58	支圧破壊
S-19-5-L8-LR			80.50	22.83	1.40	支圧破壊
S-19-5-L8-U			99.82	35.99	1.73	支圧破壊
平均値			90.37	28.96	1.57	
S-22-5-L8-D	112.45	77.87	92.25	18.31	1.18	支圧破壊
平均値			92.25	18.31	1.18	

スタッド1本当たりの負担できるせん断耐力 (kN)
 $Q_a = \min[Q_{a1}, Q_{a2}]$

①スタッド筋の耐力で決まる耐力

$$Q_{a1} = 0.7 \cdot a_0 \cdot \sigma_y$$

a_0 : スタッド筋の公称断面積 (mm²)

σ_y : スタッド筋の降伏耐力 (N/mm²)

②コンクリートの支圧で決まる耐力

$$Q_{a2} = 0.4 \cdot \sqrt{E_c} \cdot \sigma_B \cdot a_0$$

σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

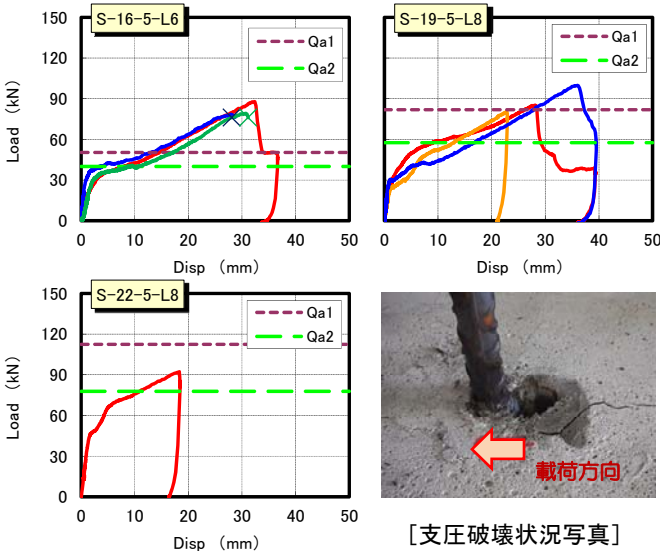


図-2 せん断試験結果の荷重-変形関係

(b) 引張試験結果

引張試験における試験結果の一覧および実験値と計算値の比較を表-5に、各パラメータにおける引張試験結果の荷重変形関係を図-3に示す。

引張試験の結果、一部、実験値は計算値を満たしていな

いものの、最終破壊形式は、すべてスタッド筋の母材降伏であった。スタッド筋が母材降伏した試験体について、載荷終了後、コンクリートを研り出し、鋼材溶接部を確認した。鋼材溶接部の状況写真を図-3にあわせて示す。溶接部は健全であり、引張力が作用した際のひび割れは、孔内に充填されたグラウトと周辺母材コンクリートが一体となり、ひび割れが進展していることが確認できる。

表-5 引張試験結果

試験体 No.	計算値			実験値 Pmax (kN)	実験/計算 Pmax/Tmin	破壊形式
	Ta1 (kN)	Ta2 (kN)	Ta3 (kN)			
T-16-5-L6-D	71.89			86.62	1.20	母材降伏
T-16-5-L6-LR				93.86	1.31	母材降伏
T-16-5-L6-U				96.28	1.34	母材降伏
平均値				92.25	1.28	
T-19-5-L8-D	116.89			107.23	0.92	母材降伏
T-19-5-L8-LR				117.69	1.01	母材降伏
T-19-5-L8-U				140.39	1.20	母材降伏
平均値				121.77	1.04	
T-22-5-L8-D	160.65			184.83	1.15	母材降伏
平均値				184.83	1.15	

スタッド1本当たりの負担できる引張耐力 (kN)

$$T_a = \min[T_{a1}, T_{a2}, T_{a3}]$$

①スタッド筋の引張降伏

$$T_{a1} = a_0 \cdot \sigma_y$$

a_0 : スタッド筋の公称断面積 (mm²)

σ_y : スタッド筋の降伏耐力 (N/mm²)

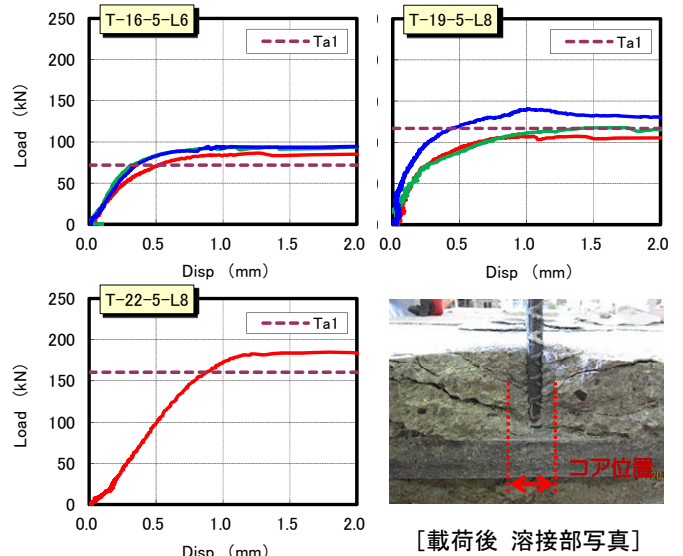


図-3 引張試験結果の荷重-変形関係

4. まとめ

低強度コンクリートに対する溶接スタッド鉄筋工法のせん断試験と引張試験を実施した。その結果、せん断試験に関してはすべてのケースで実験値は計算値を上回る結果となった。また、引張試験は、最終破壊形式が母材降伏となり、良好な定着性能を有していることを確認した。

【参考文献】

- 1) 矢幡秀介ほか: 溶接スタッド鉄筋工法によるせん断および引張性能、日本建築学会学術講演梗概集 (構造IV)、pp.665-666、2011.8
- 2) 有木克良ほか: 溶接スタッド鉄筋工法によるせん断および引張性能 (その2 大径スタッドへの適用性に関する検証実験)、日本建築学会学術講演梗概集 (構造IV)、pp.75-76、2013.8
- 3) 財団法人日本建築防災協会: 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説 2001年改定版

*1 エフアイティー
 *2 オー・エス・イー
 *3 住友大阪セメント
 *4 東亜建設工業
 *5 UR 都市機構
 *6 東京ソイルリサーチ

Fit Corporation
 O. S. Engineering Corporation
 Sumitomo Osaka Cement Co.,Ltd.
 Toa Corporation
 Urban Renaissance Agency
 Tokyo Soil Research