

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5 外付け補強への適用性に関する検証実験)

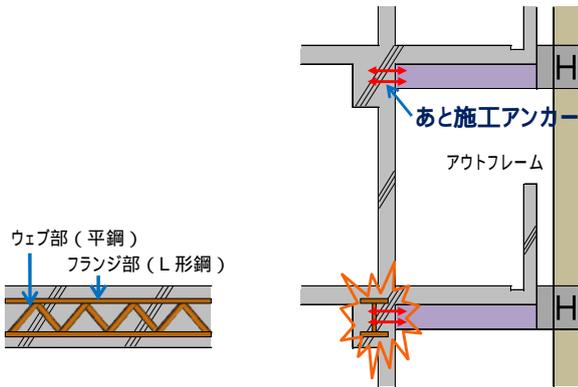
耐震補強 異形スタッド 溶接スタッド鉄筋工法  
引張試験 非充腹形鋼材 外付け補強

正会員○有木 克良\*<sup>1</sup> 正会員 矢幡 秀介\*<sup>2</sup>  
正会員 佐藤幸之進\*<sup>3</sup> 正会員 安藤 重裕\*<sup>4</sup>  
正会員 樋渡 健\*<sup>5</sup> 正会員 秋山 友昭\*<sup>6</sup>

1. はじめに

近年、特に集合住宅の耐震改修では、住民が住みながら補強工事が可能な外付け補強の要望が高まっている。図-1は、外付け補強におけるディテールの一例を示すが、増設スラブを介して補強部材との一体化を図るため、この場合、梁側面にあと施工アンカーを施工する必要がある。特に外付け補強の場合は、あと施工アンカーの有効埋込長さを深く穿孔する必要があるため、既存躯体内の鉄骨が干渉することで、あと施工アンカーの施工が困難となる場合が多い。また、古い建物では、非充腹形鋼材の鉄骨形状が多く、現在のH型鋼のウェブに該当する部分には、拘束効果の弱い、平鋼(フラットバー)を用いて組み立てているだけである。

本報では、溶接スタッド鉄筋工法<sup>1)</sup>を外付け補強の引張力を受ける部位への適用を目的として、コンクリート中に埋設された平鋼に対して、引張試験を実施した性能確認試験結果について報告する。



(a)梁断面 (b)架構断面  
図-1 外付け補強の際のディテールの一例

2. 試験概要

引張試験は、SRC造既存躯体における非充腹形ラチス鉄骨のウェブ部分への施工を想定し、厚さ6.0mm(D16)および厚さ8.0mm(D19)、幅100mmの平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7daおよび10da(da:スタッド径)とし、鋼材への溶接位置は実施工時のコア穿孔ずれを想定して、鋼材芯から25mm偏心した箇所とした。また、外付け補強を想定しているため、施工時の姿勢はすべて横向きにて施工を実施した。母材コンクリートとなる試験体は、コンクリート種別を普通コンクリ

ートと軽量2種コンクリートとし、目標コンクリート圧縮強度を $\sigma_B=13.5\text{N/mm}^2$ および $15.0\text{N/mm}^2$ の2水準とした。

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。引張試験の加力方法は、前報その4と同様、(社)日本建築あと施工アンカー協会の方法に準じて行い、計測点数に関しても同様である。

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	コンクリート種別	溶接方向
T-16-7-F6-NL	引張試験	D16	112mm(7da)	FB-幅100×厚6(SS400)	普通コンクリート	13.5(L)	横(LR)
T-16-10-F6-NL			160mm(10da)				
T-16-7-F6-NM			112mm(7da)				
T-19-7-F6-NL		D19	133mm(7da)	FB-幅100×厚8(SS400)	(N)	13.5(L)	
T-19-10-F6-NL			190mm(10da)				
T-19-7-F6-NM			133mm(7da)				
T-16-10-F6-LL	(T)	D16	160mm(10da)	FB-幅100×厚6(SS400)	軽量2種コンクリート	13.5(L)	横(LR)
T-16-7-F6-LM			112mm(7da)				
T-19-10-F6-LL		D19	190mm(10da)	FB-幅100×厚8(SS400)	(L)	13.5(L)	
T-19-7-F6-LM			133mm(7da)				

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 $c\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $cE_c$ ( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 $g\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $gE_c$ ( $\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup> )
D16-普通コ	13.2	2.15	56.8	2.40
D19-普通コ	14.5	2.20	62.2	2.46
D16-軽量2種	13.0	1.29	58.9	2.38
D19-軽量2種	14.5	1.25	60.4	2.39

表-3 鋼材の機械的性質

スタッド筋	降伏強度 $\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)
D16 (KSW490)	371	542	23.0
D19 (KSW490)	412	547	25.0

埋設鋼材	公称厚さ (mm)	降伏強度 $\sigma_{sy}$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $\sigma_{su}$ (N/mm <sup>2</sup> )
フラットバー平鋼 (SS400)	6.0	335	456
	8.0	284	445

3. 試験結果

実験結果の検証は、前報その4と同様に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。なお引張耐力に関しては、特に外付け補強に適用するためには母材降伏する程度の十分な定着性能を有する必要があると判断し、スタッド筋の降伏で決まる引張耐力( $T_{dl}$ )のみで評価した。

Experimental study of Shear and Tension Performance by Welding stud reinforcement method  
Part 5. Verification experiment of External retrofit.

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

(a) 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-4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-2に示す。

引張試験の結果、埋設鋼材のかぶり厚さが浅く、母材コンクリート強度の低いケース(7da-13.5N/mm<sup>2</sup>)は、母材降伏程度の引張耐力を有しているものの、加力を続けるにつれて、最終破壊形式は、埋設鋼材が変形し、耐力が低下する結果となった(载荷終了後、コンクリートを研り出して確認した鋼材の状況写真を図-3に示す)。また、他のケースについては、すべてスタッド筋の母材降伏もしくは一部、母材破断であった。

表-4 引張試験結果

試験体 No.	計算値			実験値		破壊形式			
	Ta1 (kN)	Ta2 (kN)	Ta3 (kN)	Pmax (kN)	Pmax / Tmin				
T-16-7-F6-NL	73.68			80.98	1.10	鋼材変形			
平均値				80.98	1.10				
T-16-10-F6-NL-no.1				111.09	1.51	母材降伏			
T-16-10-F6-NL-no.2				103.60	1.41	母材降伏			
T-16-10-F6-NL-no.3	73.68			108.03	1.47	母材破断			
平均値				107.57	1.46				
T-16-7-F6-NM-no.1				103.80	1.41	母材降伏			
T-16-7-F6-NM-no.2				104.17	1.41	母材降伏			
T-16-7-F6-NM-no.3	73.68			107.39	1.46	母材降伏			
平均値				105.12	1.43				
T-19-7-F6-NL				118.04			120.75	1.02	鋼材変形
平均値							120.75	1.02	
T-19-10-F6-NL-no.1	135.24	1.15	母材降伏						
T-19-10-F6-NL-no.2	136.70	1.16	母材降伏						
T-19-10-F6-NL-no.3	118.04			134.76	1.14	母材降伏			
平均値				135.57	1.15				
T-19-7-F6-NM-no.1				137.96	1.17	母材降伏			
T-19-7-F6-NM-no.2				137.49	1.16	母材降伏			
T-19-7-F6-NM-no.3	118.04			144.31	1.22	母材降伏			
平均値				139.92	1.19				
T-16-10-F6-LL-no.1				109.96	1.49	母材降伏			
T-16-10-F6-LL-no.2				112.86	1.53	母材降伏			
T-16-10-F6-LL-no.3	73.68			114.31	1.55	母材破断			
平均値				112.38	1.53				
T-16-7-F6-LM-no.1				107.18	1.45	母材降伏			
T-16-7-F6-LM-no.2				109.27	1.48	母材降伏			
T-16-7-F6-LM-no.3	73.68			106.10	1.44	母材降伏			
平均値				107.52	1.46				
T-19-10-F6-LL-no.1				137.08	1.16	母材降伏			
T-19-10-F6-LL-no.2				135.24	1.15	母材降伏			
T-19-10-F6-LL-no.3	118.04			144.10	1.22	母材降伏			
平均値				138.80	1.18				
T-19-7-F6-LM-no.1				135.24	1.15	母材降伏			
T-19-7-F6-LM-no.2				137.71	1.17	母材降伏			
T-19-7-F6-LM-no.3	118.04			132.97	1.13	母材降伏			
平均値				135.31	1.15				

スタッド1本当たりの負担できる引張耐力 (kN)

$$T_{a0} = \min[T_{a1}, T_{a2}, T_{a3}]$$

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 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : スタッド筋の降伏耐力 (N/mm<sup>2</sup>)

4. まとめ

溶接スタッド鉄筋工法を外付け補強へ適用するための引張試験を実施した。その結果、外付け補強の引張力を負担する部位に溶接スタッド鉄筋工法を使用する場合は、以下の適用範囲で使用することが望ましい。

- (1) コンクリート強度 13.5~15.0N/mm<sup>2</sup> の場合、鋼材のかぶり厚さ 10da 以上
- (2) コンクリート強度 15.0N/mm<sup>2</sup> 以上の場合、鋼材のかぶり厚さ 7da 以上

【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

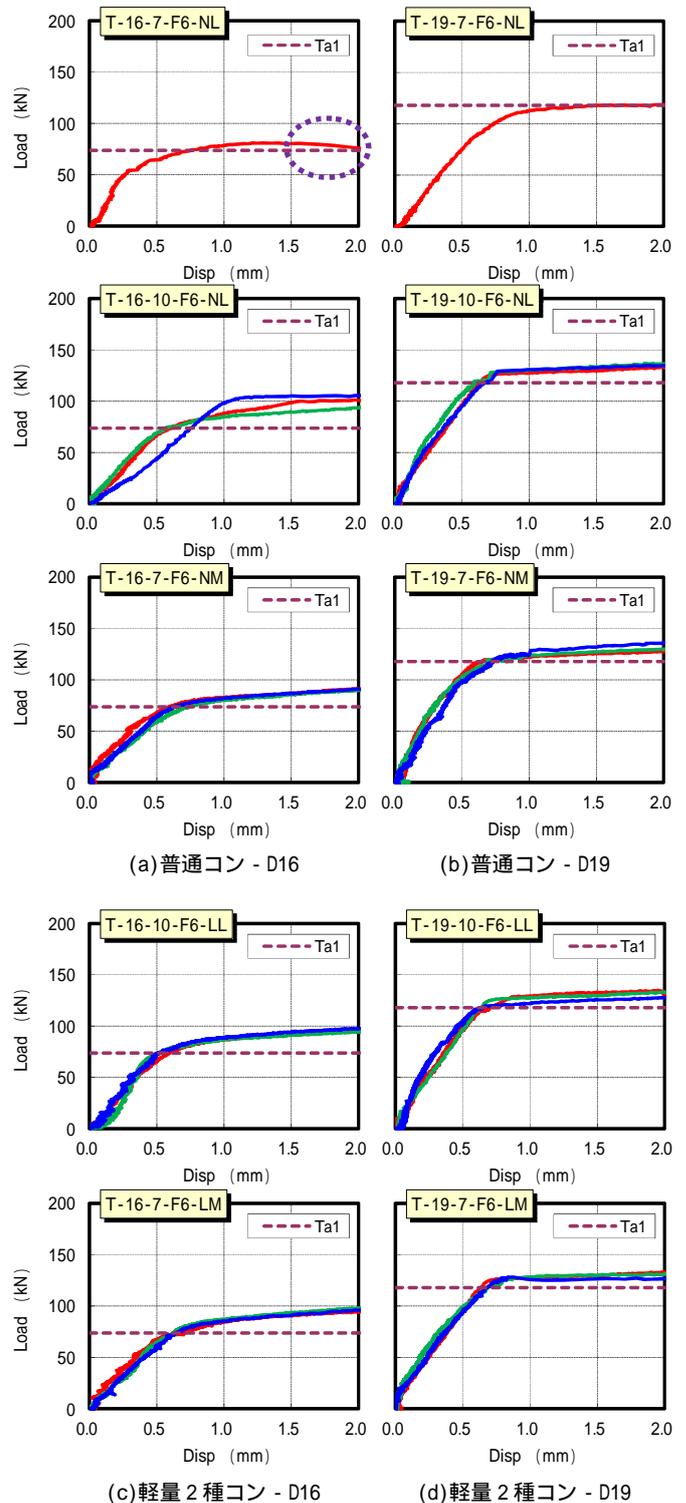


図-2 引張試験結果の荷重 - 変形関係

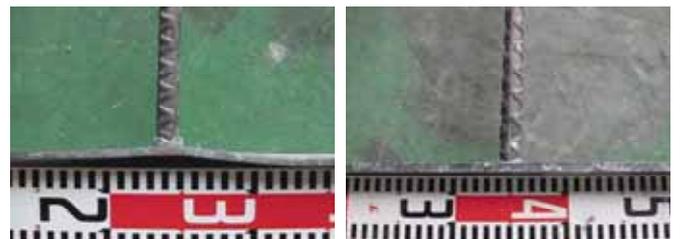


図-3 加力終了後の埋設鋼材の状態

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

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