

接着剤を用いた引張ブレース非保有耐力接合部の耐震補強

引張ブレース 引張載荷実験 接合部耐力
接着剤 耐震補強 保有耐力接合

正会員 ○ 山本 凌久 * 同 秋本 雅人 *****
同 井戸田 秀樹 ** 同 紺野 誠 *****
同 花井 勉 *** 同 小川 大輝 *****
同 小林 博一 ****

1. 序

新耐震基準施工以前の建物の引張ブレース接合部は保有耐力設計がなされておらず、地震時には接合部が早期に破断して十分な耐力と変形性能が得られないことが過去の地震被害で明らかになっている。ブレース接合部の耐震補強については、いくつかの方法が報告されている¹⁾が、いずれも部材の交換や補強材の接合において、溶接やボルトが用いられており、かなり大がかりな現場手間が発生することが課題である。本研究の目的は、接着剤を用いることで溶接も孔開けも伴わない引張ブレース非保有耐力接合部の補強方法を提案し、実験においてその有効性を確認するものである。

2. 工法概要

提案する補強方法を図1に示す。本工法では、接着剤を塗布した鋼板を第一ボルトの孔位置に接着する。突出脚がない側にはフィラープレートを用いて山形鋼とガセットプレートが直接応力伝達するような補強を行う。また、幅が65 [mm] の鋼板を接着する場合、図1(c)のように側面にもスペーサーを用いて接着面積を増加させた。図1(d)は補強鋼板をボルト2つ分に接着する場合である。

3. 接着剤を用いて補強した接合部の引張試験概要

3.1 試験体

試験体形状および試験体一覧をそれぞれ図2と表1に示す。試験体名 UR は無補強の試験体 (Unreinforced) である。実験におけるパラメータは、補強鋼板の厚さ T 、補強鋼板の幅 W 、補強する鋼板の及ぶボルトの数 n 、接着剤の種類、黒皮の有無の5つである。表1の A_j' は第一ボルト断面の山形鋼の断面積と鋼板の断面積の和、 A_0 は山形鋼断面積、 A_j'/A_0 は山形鋼断面積に対する第一ボルト接合部 (補強部) の断面積の割合である。鋼材はすべて SS400 を使用した。また山形鋼の素材特性を表2に示す。

使用する接着剤 Y612B と TGA-3 について示す。これらはいずれも2液混合アクリル系の接着剤で、Y612B は強度型、TGA-3 は靱性型である。接着の最大強度は Y612B の方が高いが、TGA-3 は、高弾性と高延伸性を両立する性質をもつ接着剤である。

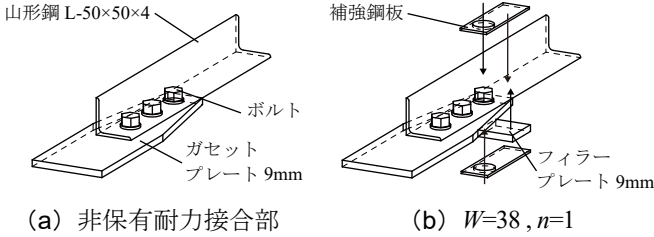


図1 非保有耐力接合部および提案する補強方法

表1 試験体一覧

試験体名	補強板厚さ T	補強板幅 W	補強鋼板に及ぶボルト数 n	接着剤	黒皮	A _j '	A ₀	A _j '/A ₀
UR	-	-	-	-	-	233.2	389	0.60
3-38-1-T	3.0	38	1	TGA-3	なし	258.7		0.66
3-38-2-T			2			344.2		0.88
3-65-1-T		65	1					
3-65-2-T			2			399.7		1.03
4.5-38-1-Y	4.5	38	1	Y612B	なし			
4.5-38-1-T			1	TGA-3				
4.5-38-2-Y			2	Y612B				
4.5-38-2-T			2	TGA-3				
4.5-65-1-Y		65	1	Y612B		455.2		1.17
4.5-65-1-T			1	TGA-3				
4.5-65-2-Y			2	Y612B				
4.5-65-2-T			2	TGA-3				
6-38-1-Y	6.0	38	1	Y612B	あり なし あり なし あり なし あり なし			
6-38-1-T			1	TGA-3				
6-38-2-Y			2	Y612B				
6-38-2-T			2	TGA-3				
6-65-1-Y-m		65	1	Y612B				
6-65-1-Y				なし				
6-65-1-T-m			2	TGA-3				
6-65-1-T				なし				
6-65-2-Y-m	2	Y612B						
6-65-2-Y		なし						
6-65-2-T-m		あり						
6-65-2-T		TGA-3						

6-65-1-T-m

黒皮 (mill scale)
接着剤の種類
補強鋼板に及ぶボルト数 n
補強鋼板の幅 W [mm]
補強鋼板の厚さ T [mm]

表2 素材特性		
E [N/mm ²]	σ_y [N/mm ²]	σ_u [N/mm ²]
201,700	332.7	447.8

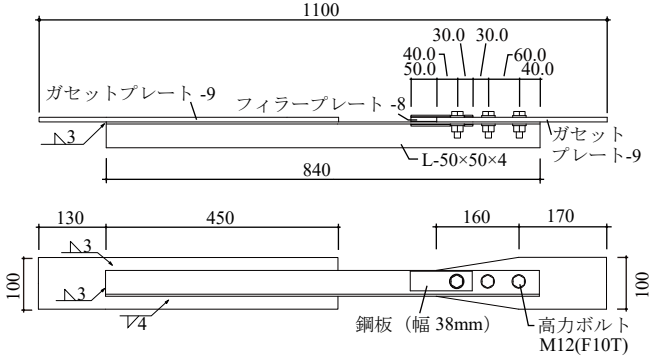


図2 試験体形状

3.2 荷重方法及び計測方法

荷重には万能試験機を用いて、試験体が破断するまで単調引張荷重を行った。試験体に貼付したひずみゲージの位置を図3に示す。6-38-2-Tの試験体については、第一ボルトの孔横に加え、突出脚部にもボルト側からff1、ff2、ff3の3つのひずみゲージを貼付する。

4. 実験結果と考察

実験で得られた荷重変形関係を図4に示す。図4(a)は $T=3$ [mm]の試験体の場合、図4(b)は $T=6$ [mm]、 $W=65$ [mm]の試験体の場合である。図4(a)から、 $W=38$ [mm]より $W=65$ [mm]の方が補強効果は高いが、補強する鋼板の及ぶボルト本数 $n=1$ と $n=2$ の差はあまりみられないことがわかる。図4(b)からTGA-3使用の黒皮がついた試験体と黒皮がついていない試験体を比較すると、荷重変形関係に大きな差がみられた。黒皮がある表面では接着効果が4割程度低下することがわかる。なお、いずれの試験体も最大耐力に至る前に一旦耐力低下を示している。これは、図1に示すフィラープレートが試験体の曲げ変形によって山形鋼から剥離したためである。これはほとんどの試験体に見られたが、耐力低下後に剥離前の荷重変形関係のほぼ延長線上に耐力は復帰し、その後に最大耐力が見られることから、補強効果にはほとんど関与していないことがわかる。

5. 耐震補強効果の確認

試験体における最大耐力到達時までの第一ボルト孔位置の荷重ひずみ関係を図5に示す。図5(a)は $T=3$ [mm]の試験体、図5(b)は $T=6$ [mm]の試験体である。補強した試験体の第一ボルト孔位置のひずみが無補強の試験体よりも小さいことは、補強した試験体の第一ボルト孔位置以外の箇所の伸びがあることを意味している。

各試験体の A_j/A_0 と P_y 、 P_{max} 、 δ_y 、 δ_{max} 、 δ_u との関係を図6に示す。図6(a)から、接着剤により鋼板補強した接合部耐力は降伏耐力で約3倍、最大耐力で約30%の耐力上昇が確認できる。ここから A_j/A_0 が0.7以上であれば十分な補強効果が得られることがわかる。図6(b)から、 δ_y は約2~3倍の性能改善が確認できる。 δ_u の増加量は、素材試験における弾性限界から降伏終了までのひずみと母材長さから算出される母材の変形量を上回っている。このことから、母材全体が十分に塑性変形していることがわかる。補強効果は A_j/A_0 が0.7以上ではほぼ頭打ちとなっており、 $A_j/A_0=0.7$ が十分な補強効果を得るための目安といえる。なお、接着剤については強度型のY612Bよりも靱性型のTGA-3の方が高い補強性能が得られた。

6. 結論

- 1) 接着剤を用いた鋼板補強によって引張ブレースの非保有耐力接合部の性能を改善できる。
- 2) 今回の補強ディテールの場合、耐力・変形性能ともに第一ボルト孔位置の断面積と母材断面積との比率 A_j/A_0 が0.7以上であれば十分な補強効果が期待できる。
- 3) 接着剤の種類については、強度型のY612Bよりも靱性型のTGA-3の方が性能改善効果は高い。

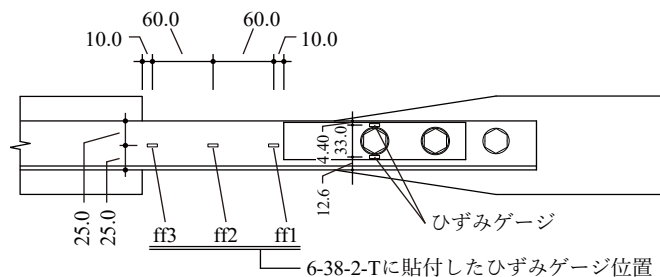


図3 試験体に貼付したひずみゲージの位置

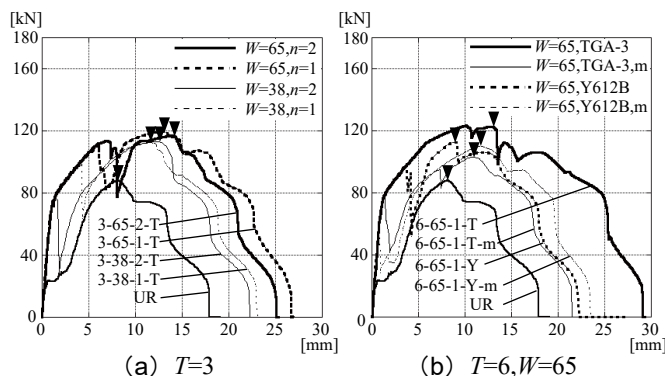


図4 荷重変形関係

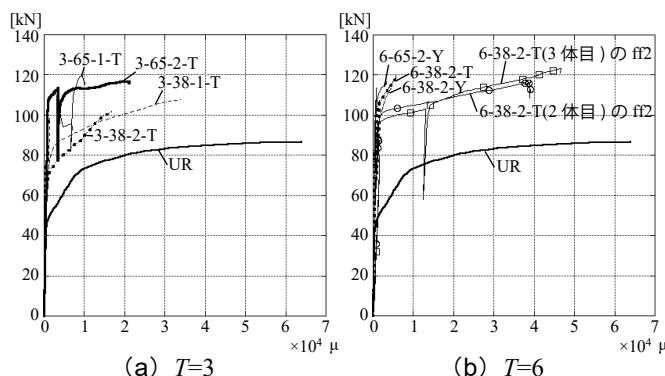
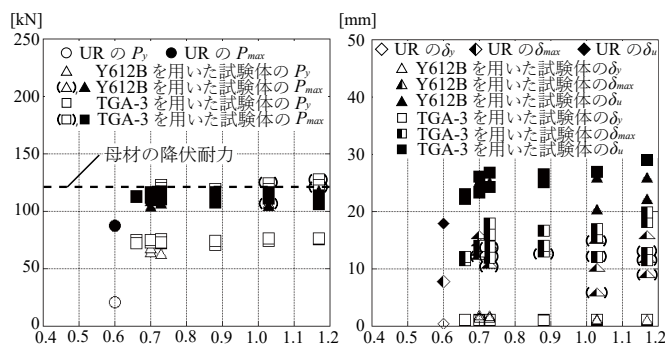


図5 荷重ひずみ関係



※ () 付きのものはフィラープレートが剥離する前の耐力と変形である。

P_y : 降伏耐力、 P_{max} : 最大耐力、 δ_y : P_y 時の変形、 δ_{max} : P_{max} 時の変形、 δ_u : 破断時の変形

(a) A_j/A_0 と P_y, P_{max} (b) A_j/A_0 と $\delta_y, \delta_{max}, \delta_u$

図6 A_j/A_0 と $P_y, P_{max}, \delta_y, \delta_{max}, \delta_u$ の関係

【謝辞】

本報の実験の遂行に際して、名古屋工業大学 学士(工学)村主知生氏から多大なご協力・ご助力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 石井大吾, 津畑慎哉, 田中初太郎: 引張ブレース接合部の火無し耐震補強工法の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2016. 8

* 名古屋工業大学大学院工学専攻 博士前期過程
 ** 名古屋工業大学大学院工学専攻 教授・工博
 *** (株)えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)
 **** (株)えびす建築研究所
 ***** セメダイン株式会社

* Graduate Student, Nagoya Institute of Technology
 ** Prof. Nagoya Institute of Technology, Dr.Eng.
 *** President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.
 **** Ebisu Building Laboratory Co.
 ***** CEMEDINE Co.,Ltd.