

当て板端部に接着接合を併用した高力ボルト摩擦接合の荷重伝達

LOAD TRANSMISSION OF HIGH-STRENGTH BOLTED PATCH PLATE WITH ADHESIVE JOINT AT THE ENDS

池田 拓矢^{*1} 石川 敏之^{*2} 堀井 久一^{*3}
Takuya IKEDA ^{*1} Toshiyuki ISHIKAWA ^{*2} Hisakazu HORII ^{*3}

ABSTRACT In the repair method by high-strength bolted patch plate, the higher slip coefficient between patch plates and steel members is required. However, the quality control of roughness of surface on steel members is difficult on sites. In this study, a combination repair method of high-strength bolts and adhesive bonding is proposed. In order to clarify the effectiveness of proposed method, tensile tests were carried out. As the result of the tensile tests, it was found that the adhesive layer at the ends of patch plate can transfer the stress in main plate to patch plates. Additionally, it was clarified that the load transmission ratio of high-strength bolted joint and adhesive joint at the ends of patch plate.

Keywords : 高力ボルト, 接着剤, 引張試験, 荷重伝達
high-strength bolt, adhesive, tensile test, load transmission

1. はじめに

腐食や疲労き裂によって損傷した鋼部材への補修や設計荷重変更による鋼部材の補強として一般的に高力ボルト摩擦接合による当て板補修・補強が行われている[1~3]。高力ボルトによる当て板補修では、部材と当て板との接触面の摩擦力を十分に確保する必要がある。したがって腐食による鋼部材表面に凹凸が生じている場合や現場でのブラスト処理が困難となる場合では接合面の摩擦力が十分に確保できず、設計で想定した荷重伝達を得られない場合が考えられる。このような課題に対して、文献[4~7]では、高力ボルト摩擦接合と接着接合を併用する補修工法が提案されている。この工法では接合面に塗布した接着剤により、荷重伝達が向上する利点があるが、施工時にボルト孔に接着剤が漏洩しないように養生する必要があること、接着剤の硬化まで高力ボルトに軸力が導入できないこと、および軸力導入後の接着剤のクリー

プにより高力ボルトの軸力の低下が懸念されている。これらに対して文献[8]では、接着剤を塗布し硬化前にボルト締めする工法も提案されているが、これらの工法は接着部がはく離するまでは接着接合となるため、継手の設計法の検討も必要となる。

本研究では、図1に示すように、腐食部以外に設けられる高力ボルト摩擦接合面に当て板よりも小さなフィラープレート挿入し、高力ボルトの締め付けを行い、その後フィラープレートによって生じた隙間に接着剤を充填し、接着部により荷重の一部を当て板に伝達させる工法を提案する。

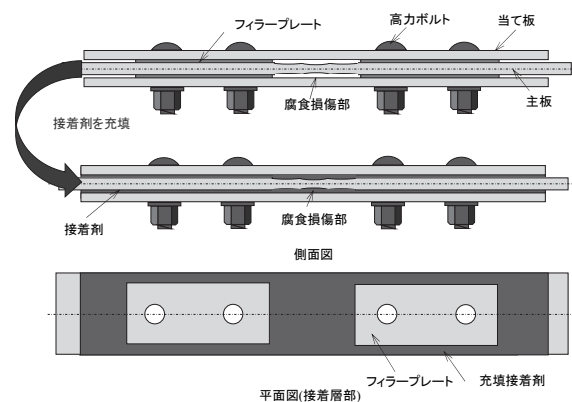


図1 高力ボルト接合と接着接合の併用工法

^{*1} 関西大学大学院 理工学研究科
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-37)

^{*2} 第2種正会員
博士(工) 関西大学 環境都市工学部准教授
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-37)

^{*3} コニシ株式会社 土木建設営業本部土木開発部
(〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 2-3)

この工法では接着剤は摩擦接合面に塗布せず、高力ボルトの軸力導入後に充填を行うため、高力ボルトの軸力が過度に低下する懸念がない。また、腐食した鋼部材の高力ボルト摩擦接合による当て板補修では、鋼部材と当て板の隙間の止水のためにシーリング材を施工する場合があるが、本工法では、当て板の周辺に接着剤を充填させることで、接着層による止水で防錆効果も期待できる。

本研究では、高力ボルト接合と接着接合の併用による当て板補修法の基礎的な研究として、当て板端部に接着接合を有する高力ボルト摩擦接合試験体の一軸引張試験を実施し、提案した工法の当て板端部の接着接合の荷重伝達効果を明らかにする。また、フィラープレートによる接着層の厚さの影響および摩擦接合面の摩擦係数が低い場合に対する本工法の効果についても検討を行う。

2. 高力ボルト摩擦接合と接着接合を併用した工法の一軸引張試験

2.1 試験体概要

高力ボルト摩擦接合と接着接合を併用した工法の端部の接着接合部の荷重伝達効果を確認するために、文献[9]を参考に図2に示すような主板に対して上下面に当て板を接合するタイプの試験体を準備した。本研究では、当て板端部の接着接合の荷重伝達効果を明らかにすることを目的としているので、腐食部をモデル化せずフィラープレートを連続させている。高力ボルトにはトルシア形高力ボルト M20(F10T)を使用した。トルシア形高力ボルトを使用したため、ボルト軸力は設計想定値と考える。接着長 l_e の影響を調べるために、当て

表1 鋼材の材料特性

	鋼種	板厚 (mm)	降伏応力 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
主板	SM490Y	19	437	522
当て板	SM490Y	12	438	519
フィラー	SS400	1.6, 2.3	335, 340	420, 439

表2 接着剤の材料特性

圧縮降伏強度 (N/mm ²)	70
圧縮弾性率 (kN/mm ²)	3.1
引張強さ (N/mm ²)	35
引張せん断強さ (N/mm ²)	28
可使時間 (分)	60

板端部の接着長 l_e を 20, 40, 60, 80mm と変化させた。図1に示すように腐食部や板幅方向に対しても接着剤の充填を想定しているが、本研究では当て板端部のみの接着接合による荷重伝達の評価を行うため、フィラープレート側面部への接着剤の充填を行っていない。試験体に用いた鋼材、接着剤の材料特性を表1,2に示す。主板は厚さ19mm、幅90mm、当て板は厚さ12mm、幅90mmとした。高力ボルトによる締付けにより、当て板の端部が浮き上がる可能性があるが、本研究では浮き上がりを計測していないため、挿入したフィラープレートの厚さを接着層の厚さとして評価した。接着層厚さの影響を確認するためにフィラープレートは、厚さ1.6mm、2.3mmの2種類用意し、幅を70mmとした。また、ボルトの最小縁端距離を満足するようにフィラープレートの寸法を設定している。

試験体一覧を表3に示す。別途、フィラープレ

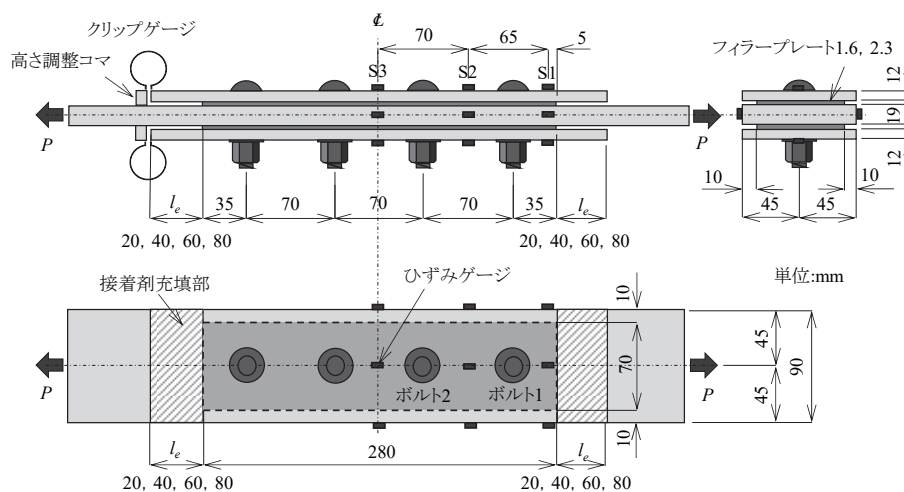


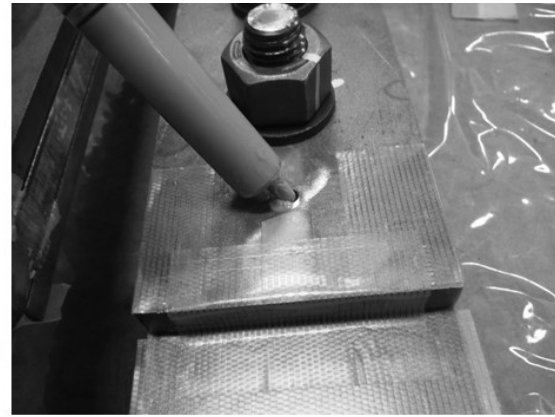
図2 試験体の寸法および相対変位とひずみの計測位置

表3 試験体一覧とはく離荷重および荷重伝達率

試験体	接着長 l_e (mm)	フィラー厚さ (mm)	表面処理	はく離 荷重 (kN)	荷重伝達率 η_i (%)		
					ボルト 2 η_3	ボルト 1 η_2	接着部 η_1
BF(1.6)	—	1.6	ブラスト	—	23.2	57.7	—
BF(2.3)	—	2.3	ブラスト	—	29.0	49.8	—
A	全面	0.35(接着厚)	ブラスト	573	-6.4	44.8	64.7
BFA20(1.6)	20	1.6	ブラスト	160	10.4	33.8	44.9
BFA40(1.6)	40	1.6	ブラスト	351	6.1	22.5	57.6
BFA60(1.6)	60	1.6	ブラスト	266	2.8	8.6	73.1
BFA80(1.6)	80	1.6	ブラスト	469	-0.3	3.4	81.9
BFA20(2.3)	20	2.3	ブラスト	405	13.2	39.8	34.6
BFA40(2.3)	40	2.3	ブラスト	494	4.9	23.9	59.7
BFA60(2.3)	60	2.3	ブラスト	533	-3.4	16.2	68.4
BFA80(2.3)	80	2.3	ブラスト	538	1.2	9.1	79.2
G-BF(2.3)	—	2.3	グラインダー	—	16.8	52.8	—
G-BFA40(2.3)	40	2.3	グラインダー	419	-10.3	35.0	52.9



(a) 当て板端部からの充填



(b) ドリル孔からの充填

図3 接着剤の充填方法

ートを設けていない高力ボルト接合の試験体も実施しており、フィラーを設けた場合と大きな違いがないことを確認している。主板、当て板およびフィラープレートの接合面はブラスト処理している。ブラスト処理面の算術平均粗さ Ra は、主板が $6.2\sim 8.5\mu\text{m}$ 、当て板が $6.9\sim 9.3\mu\text{m}$ 、フィラープレートが $4.8\sim 7.5\mu\text{m}$ であった。試験体 BF は、接着接合部を設けていない試験体であり、フィラープレート(当て板は $l_e=20\text{mm}$ と同じ寸法)を挿入している。試験体 A は接着剤のみで主板と当て板を接合している(当て板は $l_e=20\text{mm}$ と同じ寸法)。試験体 BFA20, 40, 60, 80 は、それぞれ当て板の端部の接着長 l_e を 20, 40, 60, 80mm とし、端部のみに接着剤を充填している。

主板と当て板の接合面の摩擦係数が低い場合の本工法の効果を確認するために試験体 G-BF, G-BFA40 を用意した。実施工では当て板およびフ

ィラープレートは、ブラスト処理し、無機ジंकリッチペイントが施される場合が多いと考えられるが、本工法では荷重伝達が十分でない場合の効果を確認するために当て板とフィラープレートもグラインダーによって摩擦係数を低くした。グラインダー処理面の算術平均粗さ Ra は、主板が $0.5\sim 1.1\mu\text{m}$ 、当て板が $1.2\sim 1.9\mu\text{m}$ 、フィラープレートが $0.4\sim 3.1\mu\text{m}$ であった。

前述のように、本研究では、当て板およびフィラープレートに無機ジंकリッチペイントを施していないが、接着接合では、無機ジंकリッチペイントの凝集破壊により接着強度が低下する可能性があることが報告されている[6, 8]ため、実際の施工の際には注意を要する。

ひずみの計測位置と主板と当て板の相対変位の測定位置も図2に示している。本研究では、対称面に添付したひずみゲージの平均値で評価する。

2.2 接着剤の充填方法

図3に接着剤の充填方法を示す。試験体 BFA20 は、図3(a)に示すように当て板の端部からシリンジの先端を挿入し、接着剤を充填した。接着長 l_e が長い場合、充填不良が生じる可能性があるため、それ以外の試験体では、図3(b)に示すようにフィラープレートの端から5mmの位置の当て板にφ5mmのドリル孔を設け、ドリル孔からシリンジを用いて接着剤を充填した。接着剤の充填は、20°Cの部屋で高力ボルトに軸力を導入した後に行った。文献[9]を参考に充填後24時間20°Cの部屋で養生し、35°Cの乾燥炉で12時間養生した。その後、試験を実施するまでの1週間程度20°Cの部屋で養生した。

3. 試験結果

3.1 荷重に対する主板と当て板の相対変位の関係

はく離荷重が高かったフィラー厚さ2.3mmの試験体を例として、図4に試験体 BF(2.3), A, BFA20~80(2.3)の荷重 P と主板と当て板の相対変位 δ の関係を示す。図には、主板の純断面に対する降伏荷重 P_Y も示している。この図から、高力ボルトのみの試験体 BF(2.3)に対して、接着剤を用いている試験体 A, BFA20~80(2.3)の方が主板と当て板の相対変位が小さいことがわかる。高力ボルト接合と接着接合を併用した試験体では接着長 l_e が長くなるに従って、相対変位 δ が接着のみの試験体に近づく傾向が見られた。また、接着接合部のはく離が生じた後は、高力ボルトのみの試験体 BF(2.3)の挙動に近づく傾向が見られた。

3.2 荷重とひずみの関係

試験体 BF(2.3), A, BFA20~80(2.3)に対して、図2の断面 S1~S3 の位置の載荷荷重 P と計測した主板の

ひずみ ε あるいは当て板のひずみ ε の関係を図5~7に示す。図には、主板の純断面の降伏荷重 P_Y 、主板(縦断面)のみの P - ε 関係および主板と当て板の合成断面に対する P - ε 関係も示している。図5(a)の断面 S1 の位置の載荷荷重 P と主板のひずみ ε の関係が線形を示す範囲では、高力ボルトの試験体 BF の P - ε 関係が主板のみの断面の計算値と一致しているのに対し、接着接合の試験体 A, 当て板の端部に接着剤を設けた試験体 BFA20~80(2.3)では、高力ボルトのみの試験体 BF(2.3)と比べて、ひずみの値が小さくなり合成断面の計算値に近づいていることがわかる。さらに、試験体 BFA では接着長 l_e が長い試験体ほど合成断面の計算値に近づいている。したがって、当て板端部の接着接合部によって主板の応力が当て板に伝達されていることがわかる。また、試験体 BFA60, 80 は両者の P - ε 関係が概ね一致していることから、ある接着長で接着接合部による荷重伝達が収束することが考えられる。図5(b)の断面 S1 の載荷荷重 P と当て板のひずみ ε の関係から、高力ボルト

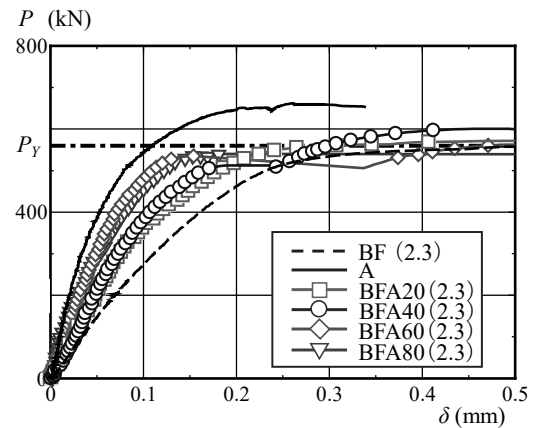
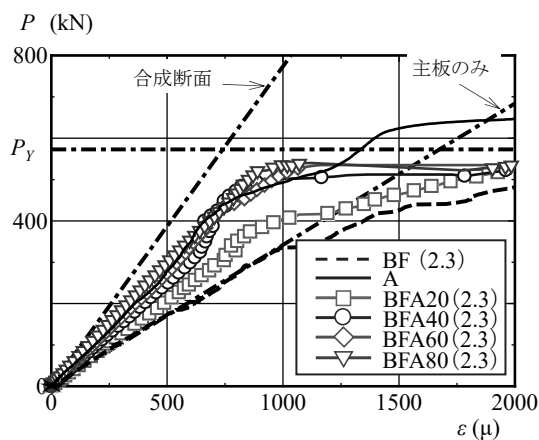
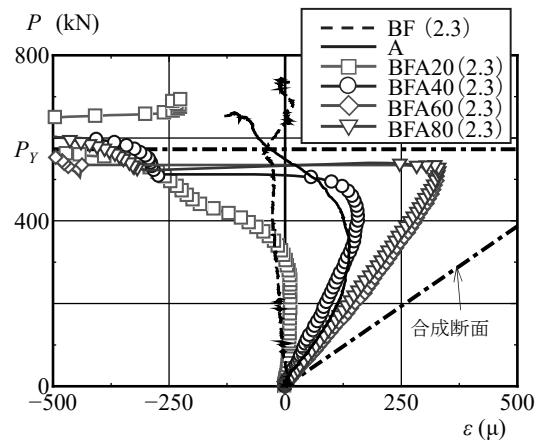


図4 荷重—主板と当て板の相対変位の関係

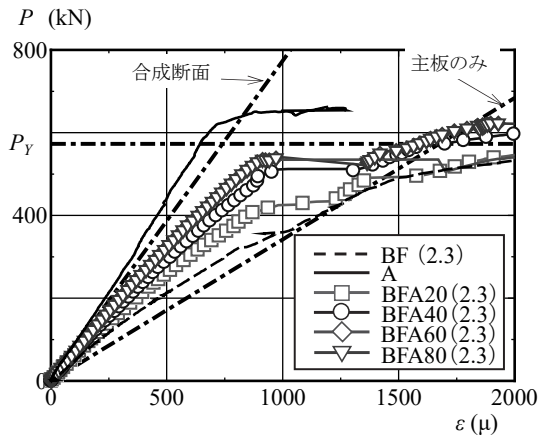


(a) 主板に生じるひずみ

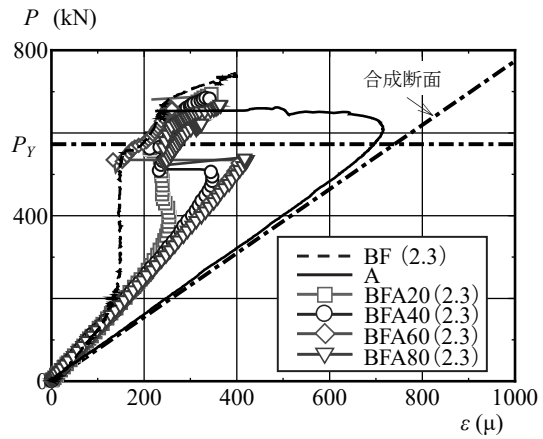


(b) 当て板に生じるひずみ

図5 荷重—断面 S1 のひずみ関係

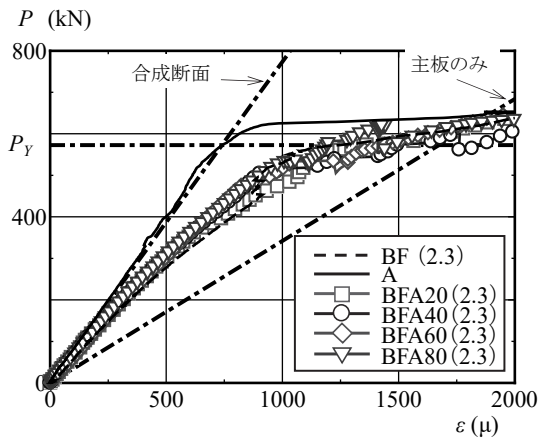


(a) 主板に生じるひずみ

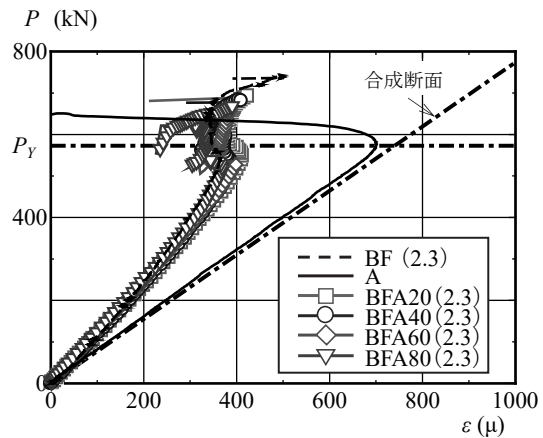


(b) 当て板に生じるひずみ

図6 荷重-断面 S2 のひずみ関係



(a) 主板に生じるひずみ



(b) 当て板に生じるひずみ

図7 荷重-断面 S3 のひずみ関係

トのみの試験体 BF では、当て板端部の反りにより小さな圧縮ひずみが生じているが、当て板端部に接着剤が充填されている試験体 BFA20~80(2.3)では、引張のひずみが生じており当て板に応力が伝達されていることがわかる。しかし、荷重が増加すると当て板のひずみが急激に圧縮側に移行しているため、試験体 BFA20~80(2.3)において接着接合部がはく離したことがわかる。

図6に示す断面 S2 の試験体 BFA20~80(2.3)の主板と当て板の $P-\epsilon$ 関係からも、接着接合部がはく離した際の挙動が確認された。しかし、図7に示す試験体中央の断面 S3 では、試験体 BFA20~80(2.3)の主板と当て板の $P-\epsilon$ 関係はともに、高力ボルトの試験体 BF と同様であった。このように、接着接合部がはく離しても高力ボルトが荷重を伝達するため、試験体の中央では接着接合部のはく離の影響はほとんど見られなかった。

試験体中央の断面 S3 では、接着のみの試験体 A の

$P-\epsilon$ 関係が、主板と当て板の合成断面のそれと同程度であるが、高力ボルトを使用した試験体 BF, BFA は合成断面の計算値と一致していない。これは、主板のボルト孔の断面欠損の影響により試験体幅方向の応力分布が一様とならず、ボルト孔を設けた主板の幅中央ではひずみが小さくなり、主板の側面では逆にひずみが高くなる傾向[10]にあるためである。

3.3 接着厚さの影響

本研究では、接着接合部のはく離により断面 S1 に生じるひずみの値が急激に増加した際の荷重をはく離荷重と定義し、表3に示している。表3より各接着長 l_e に対してフィラープレートの厚さが 1.6mmの方が2.3mmよりもはく離荷重が低い傾向がみられた。したがって挿入するフィラープレートの厚さによって接着接合部のはく離荷重が異なることが考えられる。

図8に試験体 BFA40(1.6), BFA80(1.6), BFA40(2.3),

BFA80(2.3) に対する断面 S1 の位置の載荷荷重 P と計測した主板のひずみの関係を示す。図 8 より断面 S1 の主板に生じるひずみは接着接合部のはく離が生じるまでは、接着長毎にはほぼ一致している。このように本試験結果からは、フィラープレートの厚さが 1.6mm と 2.3mm では接着部で伝達するひずみに差が見られなかった。

3.4 摩擦接合面の表面処理の影響

図 9 に試験体 G-BF(2.3), G-BFA40(2.3), BF(2.3), BFA40(2.3) の荷重に対する主板と当て板の相対変位の関係を示す。図より接合面をグラインダー処理した試験体 G-BF(2.3), G-BFA40(2.3) はサンドブラストを施した試験体 BF(2.3), BFA40(2.3) よりも主板と当て板の相対変位が大きくなる傾向がみられた。また試験体 G-BFA40(2.3) よりも試験体 BFA40(2.3) の方が、接着接合部のはく離荷重が高いことから、接合面の摩擦係数の違いにより、接着接合部のはく離荷重が異なる。

図 10 に試験体 G-BF(2.3), G-BFA40(2.3), BF(2.3), BFA40(2.3) に対する断面 S1 の位置の載荷荷重 P と計測した主板のひずみ ε の関係を示す。図より試験体 G-BF(2.3), BF(2.3) の断面 S1 の主板に生じるひずみ ε は、 P - ε 関係が線形性を示す範囲では主板のみの値と概ね一致していた。また高力ボルト接合と接着接合を併用している試験体 G-BFA40(2.3), BFA40(2.3) に対しても、接着接合部のはく離が生じるまでの P - ε 関係は、両者で概ね一致する傾向がみられた。このように、主板と当て板の接合面の摩擦係数が通常より低い場合でも、当て板の端部の接着接合部によって当て板へ荷重を伝達できることがわかる。

3.5 接着剤の充填状況

図 11 に試験終了後に解体した試験体 BFA20(1.6), BFA80(1.6), BFA20(2.3), BFA80(2.3) の接着接合面を示す。はく離は接着界面と凝集破壊の両方が見られた。

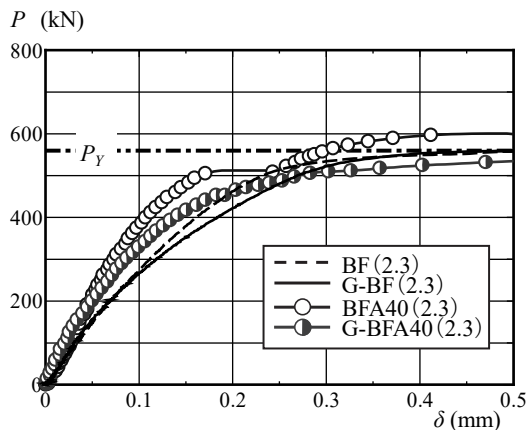


図 9 荷重—主板と当て板の相対変位の関係

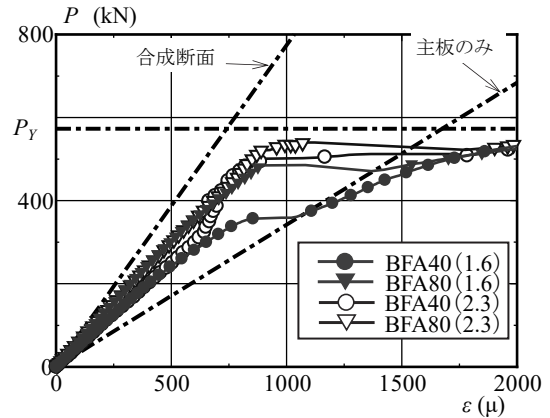


図 8 荷重—断面 S1 の主板のひずみ関係

図 11(a), (b) より当て板の端部からシリンジの先端を挿入して接着剤を充填した接着長 l_e の短い試験体 BFA20(1.6), BFA20(2.3) に充填不良はなかった。図 11(c) より当て板にドリル孔を設け、そこから接着剤を充填した接着長 l_e の長い試験体 BFA80(1.6) にも不良はなく、接着剤を充填できていたことがわかる。しかし、試験体 BFA80(2.3) では、図 11(d) に示すような接着の端部近傍に気泡が見られた。また、試験体 BFA60(2.3) にも同様な気泡が接着端に見られた。これは接着厚さが厚く、接着長 l_e が長い試験体では、接着剤の充填量が多いため、本研究で用いたシリンジでは、数回に分けて接着剤の充填を行う必要がある、気泡が混入しやすくなったためであると考えている。したがって、樹脂を注入する際には使用するシリンジの容量を考慮する必要がある。それ以外の接着接合を併用した試験体では気泡等の不良は見られず、接着剤が充填できていた。

3.6 接着部と高力ボルトによる荷重の伝達率

接着部が主板から当て板へ伝達した断面力を明らかにするために、接着部、高力ボルト1 (外側)、高力ボ

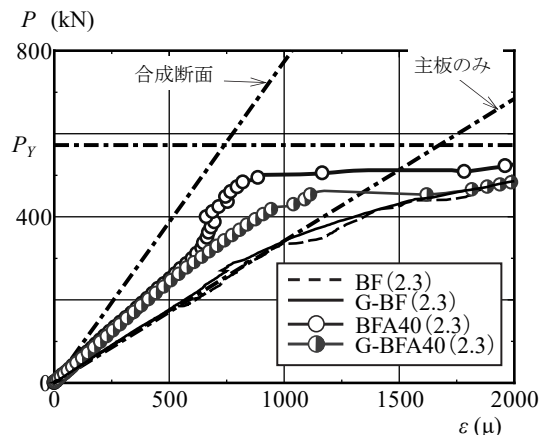


図 10 荷重—断面 S1 の主板のひずみ関係

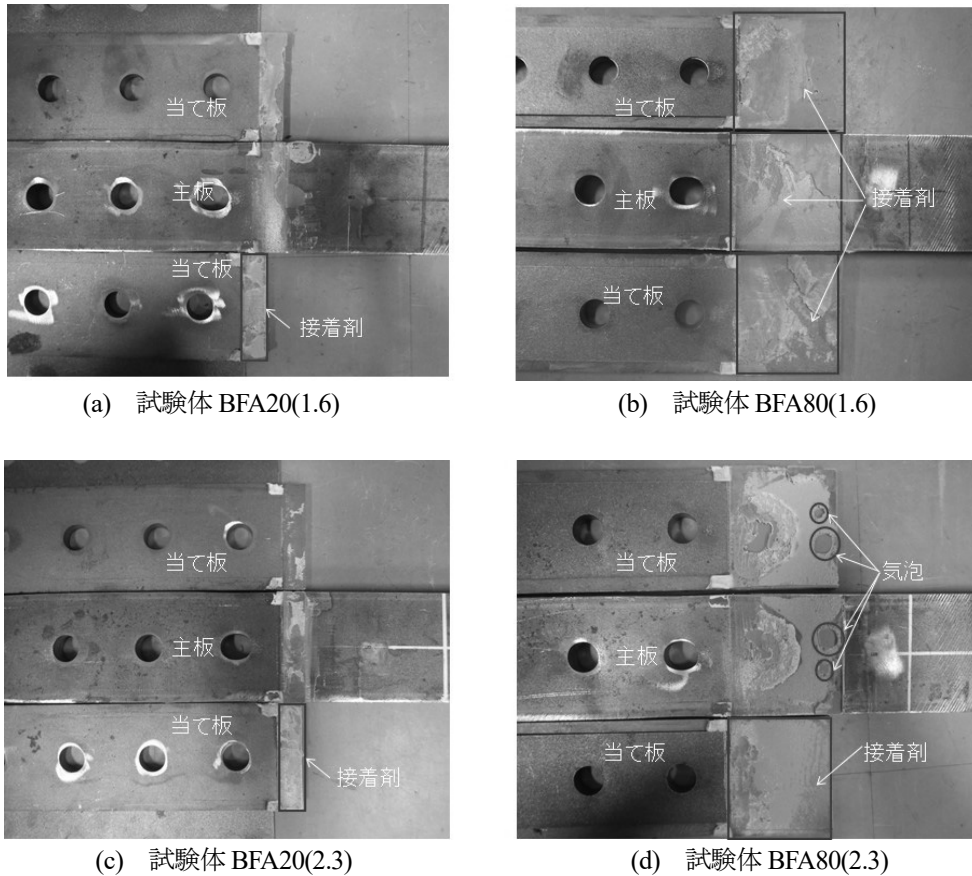


図 11 接着剤の充填状況

ルト2 (内側) が伝達した荷重の伝達率 η_i (%)を断面S1～S3(図2参照)の主板の側面で測定したひずみ ($\varepsilon_1 \sim \varepsilon_3$) の値を用いて次式で評価する。

$$\eta_i = \frac{A_s E (\varepsilon_{i-1} - \varepsilon_i)}{P(1 - A_s/A_v)} \times 100 \quad (1)$$

ここに、

ε_i : 実験により測定した主板のひずみ($i=1 \sim 3$)

ε_0 : 無補強部の主板の理論ひずみ($\varepsilon_0 = P/(EA_s)$)

E : 鋼材のヤング係数

P : 載荷荷重

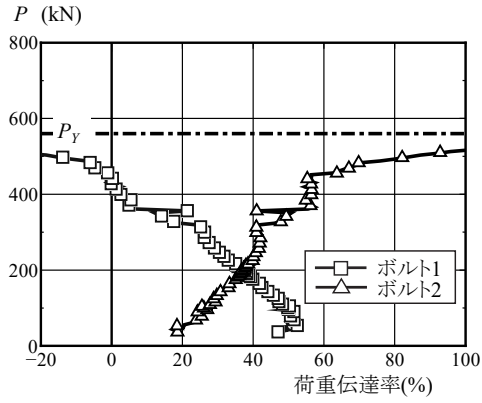
A_v : 主板と当て板のみの合成断面積

A_s : 主板の断面積

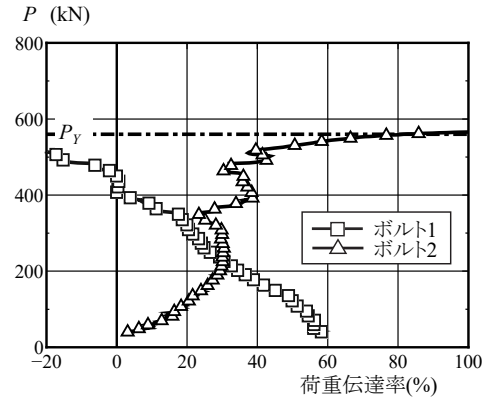
各試験体に対して、載荷荷重と相対変位の関係が線形性を示した載荷荷重 $P = 100\text{kN}$ の際の主板のひずみから計算した接着剤、高力ボルト1, 2の荷重の伝達率を表3に示している。また、試験体BF(2.3), G-BF(2.3), A, BFA20(2.3), BFA40(2.3), BFA80(2.3)の載荷荷重 P と接着部および各高力ボルトによる荷重の伝達率の関係を図12に示す。図では、降伏ひずみに達するまで、あるいは接着接合部のはく離が生じるまでの値を示している。また荷重が低い場合、ひずみの変動が大きい場合、図では載荷荷重が 50kN 以上

の結果を示している。高力ボルトのみで接合した試験体に対しては、 η_1 の値は無く、 η_2 を $\varepsilon_0 - \varepsilon_2$ のひずみ差の値を用いて算出した。接着のみの試験体Aに対しては、 $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ および $\varepsilon_2 - \varepsilon_3$ の値は、高力ボルト1, 2ではなく、計測断面間の荷重の伝達率(η_2, η_3)となる。前述したように、主板の断面でひずみの値が一定でなく、側面のひずみが高くなる傾向があること、フィラープレートを考慮していないことなどから、ここで算出した荷重の伝達率の合計は 100% となっていない。

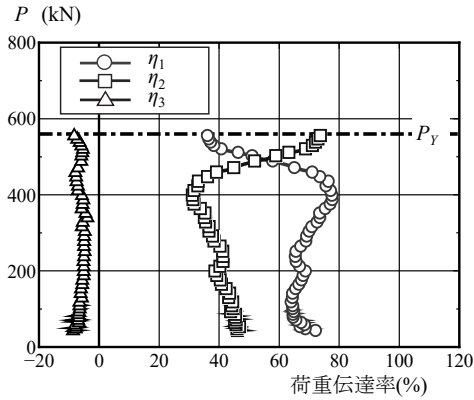
表3より高力ボルトのみの試験体BFでは、一般的に知られている通り、外側の高力ボルト1の荷重の伝達率が内側の高力ボルト2のそれよりも高くなっていた。図12(a)より載荷荷重 P が増加すると外側の高力ボルト1の伝達率が低下し内側の高力ボルト2の伝達率が増加した。載荷荷重 $P = 200\text{kN}$ 付近で同程度の荷重伝達率となり、その後、内側の高力ボルトの荷重伝達率が、外側の高力ボルトよりも高くなった。この現象は、フィラープレートがない高力ボルト当て板接合の試験結果でも同様な傾向が報告されており[11]、載荷荷重の増加に伴い、高力ボルト1の軸力が徐々に低下するためであると



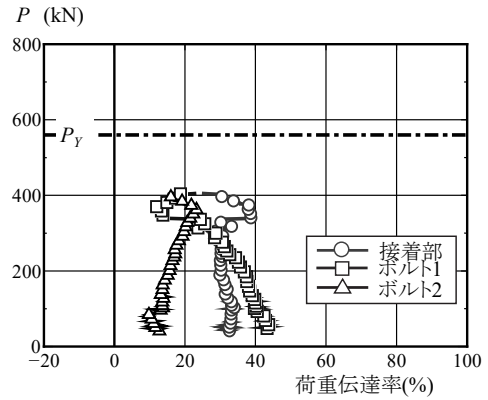
(a) BF(2.3)



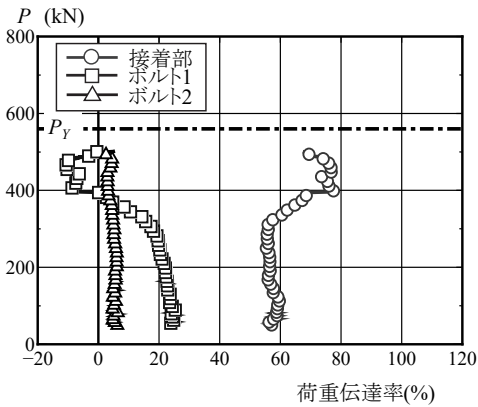
(b) G-BF(2.3)



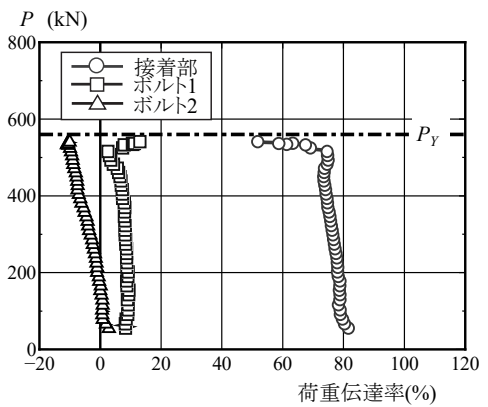
(c) A



(d) BFA20(2.3)



(e) BFA40(2.3)



(f) BFA80(2.3)

図 12 載荷荷重 P —荷重伝達率の関係

考えられる。グラインダー処理の高力ボルトのみの試験体 G-BF(2.3)でも同様な傾向が見られた。

図 12(c)より接着剤のみでの試験体 A では載荷荷重 $P=400\text{kN}$ 付近で η_1 が低下し、 η_2 が増加していることから、接着剤部分がはく離したと考えられる。

表 3 より載荷荷重 $P=100\text{kN}$ では、高力ボルト接着と接着剤を併用した試験体 BFA では、接着部においても荷重の伝達が見られ、伝達率は接着長 l_e が長くな

るに従って高くなっていることがわかる。さらに、高力ボルト接着と接着剤を併用することで、内側の高力ボルト 2 の荷重の伝達率が 20% 未満になっているため、接着剤部分と外側の高力ボルト 1 によって、ほぼ主板と当て板の合成断面となるような荷重の伝達が行われていることになる。図 12(d)-(f)に示しているように、高力ボルトと接着剤を併用した試験体 BFA20(2.3), BFA40(2.3), BFA80(2.3)では、当て板端部のはく離が生

じるまでは、端部の接着接合部が荷重を伝達するため、高力ボルトによる荷重伝達率は小さくなっているが、当て板端部のはく離が生じた後は、高力ボルト1の荷重伝達率が増加している。接着長 l_e が短いBFA20(2.3)では、外側の高力ボルト1の荷重伝達率が試験体BF(2.3)の8割程度であったが、接着長 l_e が長くなり、接着部の荷重伝達率が高くなると高力ボルト1の荷重伝達率が小さくなっている。また、高力ボルトと接着接合を併用した試験体では、接着接合部のはく離が生じるまでは、高力ボルト1と2の荷重伝達率の変動が、高力ボルトのみの試験体BF(2.3)の場合よりも小さくなった。このように、高力ボルト接合と当て板の端部の接着接合の併用により、当て板端部のはく離するまでは、高力ボルトによる荷重の伝達の一部を端部の接着接合部が分担できることが明らかになった。

4. 結論

本研究では、高力ボルト摩擦接合に接着接合を併用する工法を提案し、当て板端部に接着接合を有する高力ボルト摩擦接合試験体の一軸引張試験を実施した。また、本工法の接着厚さの影響、接合面の摩擦係数が低い場合の検討も行った。本研究の条件の範囲内で得られた主な結論を以下に示す。

- 1) 高力ボルト摩擦接合の際に、当て板より小さなフィルタープレートを挿入し、端部の当て板と主板の間に接着剤を充填することによって、主板の荷重が当て板へ伝達されることを確認した。また、当て板端部の接着長が長くなると、高力ボルトの荷重の伝達率が大幅に低減できることを明らかにした。
- 2) フィラープレートの厚さが1.6mmの方が2.3mmの場合よりも接着接合部のはく離荷重が低くなるが、当て板への荷重伝達効果に差は見られなかった。
- 3) 接合面の摩擦係数が低い場合、ブラスト処理した場合と比べて、接着接合部のはく離荷重が小さくなり、主板と当て板の相対変位が大きくなった。しかし、接着接合部のはく離が生じるまでは、摩擦係数の違いが接着部の荷重伝達に与える影響は小さかった。

本研究では当て板端部の接着接合部の荷重伝達効果を評価したが、今後、損傷した主板に対して本工法を適用した場合の荷重伝達効果を確認する必要があると考えている。また、接着接合部の面積により接着接合部による荷重伝達効果も変化すると考えられるため、実際のボルト配置を考慮した接着接合部の荷重伝達を評価が必要であると考えている。

謝辞

本研究は、関西大学「若手研究者育成経費」および(一社)日本鉄鋼連盟「鋼構造研究・教育助成制度」を受けて実施した。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- [1] 土木学会鋼構造委員会：腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル，鋼構造シリーズ18，土木学会，2009.
- [2] 日本道路協会：道路橋補修・補強事例集(2012年版)，丸善出版，2012.
- [3] 土木学会 鋼構造委員会 腐食した鋼構造物の性能回復技術検討小委員会：鋼構造シリーズ23 腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法，2014.
- [4] 村越享，田中良樹，舟木孝仁：接合面にエポキシ樹脂を塗布したボルト継手の力学的挙動に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.54A，pp.563-574，2008.
- [5] 丹波寛夫，橋本国太郎，田中大輔，杉浦邦征：腐食した鋼桁端部の当て板補修に関する実験的検討，構造工学論文集，Vol.60A，pp.94-104，2014.
- [6] 丹波寛夫，行藤晋也，山口隆司，杉浦邦征，飛ヶ谷明人，田畑晶子：腐食孔を模擬した凸部を有する接合面に接着剤を塗布した高力ボルト継手の力学的挙動に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.60A，pp.703-714，2014.
- [7] 丹波寛夫，行藤晋也，山口隆司，杉浦邦征：接着剤と高力ボルトを併用した軸方向力を受ける当て板補修に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.61A，pp.585-596，2015.
- [8] 藤田翔吾，山口隆司，丹波寛夫，杉山祐樹，堀井久一：接合面に接着剤を塗布した摩擦接合継手のすべり挙動に関する実験的研究，土木学会第72回年次学術講演会，pp.1239-1240，2017.
- [9] 石川敏之，河本隆史，服部篤史，河野広隆：接着とスタッドボルトを併用した鋼部材の当て板補修法の提案，構造工学論文集，Vol.62A，pp.639-646，2016.
- [10] 石川敏之，八重垣諒太：当て板高力ボルト補修された断面欠損部に生じる応力の推定，構造工学論文集，Vol.64A，pp.409-420，2018.
- [11] 八重垣諒太，石川敏之，木田秀人：ボルト孔に樹脂を充填した高力ボルト摩擦接合に関する研究，構造工学論文集，Vol.64A，pp.516-529，2018.