

接着剤を用いた鋼構造接合部の接着強さに接着領域の形状が及ぼす影響

鋼構造接合部 接着強さ アクリル樹脂系接着剤
1 面せん断試験 表面状態

正会員 ○ 小林 博一^{*1} 正会員 花井 勉^{*1}
同 五十嵐 規矩夫^{*2} 同 三井 和也^{*2}
同 秋本 雅人^{*3} 同 小谷 準^{*3}
同 紺野 誠^{*3} 同 小川 大輝^{*3}

1. 序

前報¹⁾では被着材が鋼材 (SGC400, SS400) で、接着面が長方形のシングルラップ継手の一面せん断を実施し、接着剤の接着強度を調査した。本報では、接着面の形状比が接着強度に及ぼす影響を考察するとともに、接着剤を用いた接合部の設計や補強が行えるよう、鋼構造接着接合部の一面せん断耐力の評価式を提案する。

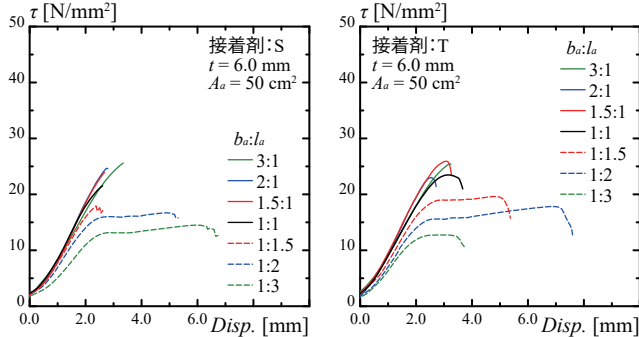
2. 接着領域の形状比率が接着強さに及ぼす影響

試験機で計測された引張力 P を接着面積 A_a で除した平均せん断応力 τ を縦軸、チャック間の変位を横軸とした結果を図 1 に示す。ここでは同一鋼材板厚・接着面積で接着領域の形状比率を変数としている。接着長さ l_a に対して接着幅 b_a の比率が増加すると、接着強さは上昇する傾向がある。これは接着幅 b_a の増加に伴い、せん断応力の伝達幅が増加することと、接着長さ l_a の減少により、鋼材の面外方向の曲げ変形が減少し、接着面始末端の剥離応力が減少することが要因である。また、 $b_a:l_a$ が 1:1.5, 1:2, 1:3 の試験片では、変形の進行に伴い剥離応力が生じる接着面の始末端が徐々に剥離していく様子が確認された。図 2 に示す鋼材の変形状態を確認すると、接着長さ l_a の比率の増加に伴い鋼材の面外方向の曲げ変形が大きくなっていることが確認できる。接着面の破壊状況からも、接着長さ l_a の増加に伴い、剥離応力によって生じた凝集破壊の面積が占める割合が接着面全体に対して大きくなっている。一般に、接着剤はせん断応力に比べて剥離応力に弱いという特性を有するため、接着幅に対する接着長さの比率を小さくすることで、接着強さを上昇させることができる。

図 3 は接着領域の形状比率を横軸として接着強さを整理した結果である。被着材となる鋼材板厚・接着面積に関わらず、接着幅 b_a の比率の増加に伴い接着強さは増加していくが、接着領域の形状比率 $b_a:l_a$ が 1.5:1 以上となると接着強さが一定の値へと収束している。これは接着長さ l_a の減少により、鋼材の面外変形が小さくなり、接着面の始末端に生じる剥離応力が同程度に小さくなったことが要因である。また、接着剤の種類が変化した場合であっても、接着強さの変化傾向は同様の傾向を示す。なお、接着剤 T は接着剤 S より、変形追従性が高くなるように設計されており、図 1(b) に示す接着剤 T の $b_a:l_a$ が 1:3 の試験片を除けば、接着剤 T の方が優れた変形性能を示している。

3. 接着領域の形状を考慮した接着強さの評価式

前章において被着材である鋼材の面外方向の曲げ変形の低減により、接着強さが増加することが確認されたため、既報²⁾で提案された簡易的に長さに対する曲げ剛性を表す指標 t/l_a を横軸として、接着強さを整理した結果を図



(a) 接着剤 S, $t = 6.0$ mm (b) 接着剤 T, $t = 6.0$ mm
図 1 接着領域の形状比率が接着強さー変位関係に及ぼす影響

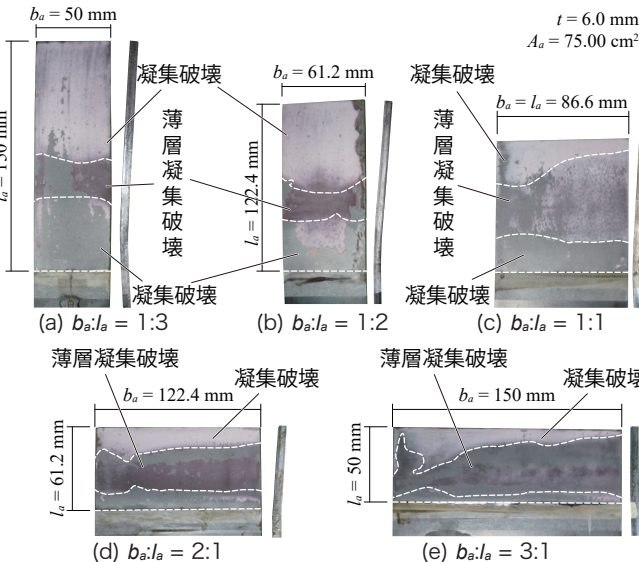


図 2 接着領域形状と接着面の破壊形式の関係性 ($t = 6.0$ mm)

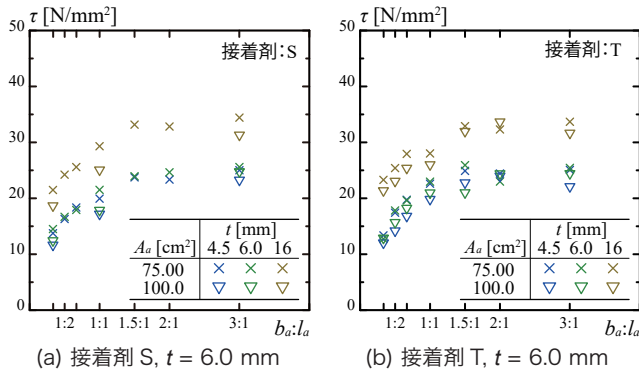


図 3 接着強さと接着領域の形状比率の関係性

4 に示す。中空の凡例は被着材である鋼材表面をサンドブラストにより処理した試験片である。図中の破線は前報¹⁾のシングルラップ継手の一面せん断試験で確認された接着剤毎の最大引張強さ τ_{max} であり、接着剤 S の最大引張

強さ τ_{\max} は 39.05 N/mm^2 ，接着剤 T の最大引張強さ τ_{\max} は 37.14 N/mm^2 である。結果に示すように横軸の増加に伴い鋼材の面外方向の曲げ変形が低減されるため，接着強さは最大接着強さに収斂していく様子が確認できる。この傾向を利用して，本報では接着剤を用いた鋼構造接合部の一面せん断耐力の評価式 (1) を提案する。

$$\tau = \tau_{\max} \left(1 - \frac{2}{\tau_{\max} t / l_a + 1} \right) \quad (1)$$

結果に示すように，評価式 (1) は概ね前報の実験結果を評価できている。ただし，一面せん断耐力の評価式 (1) には接着剤毎の最大引張強さ τ_{\max} が含まれている。最大引張強さ τ_{\max} は接着剤の種類，接着層の厚さ，鋼材の表面状態に応じて変化することが知られているため²⁾，提案した評価式を使用するには，これら変数に応じて変化する最大引張強さ τ_{\max} を事前に調査する必要がある。この最大引張強さ τ_{\max} を調査するには，接着領域の形状比率 $b_a:l_a$ が 1.5:1 以上となる試験片を用いて実施する必要がある。

4. 鋼材の表面処理を施さない試験片の接着強さ

被着材の鋼材表面のめっき，または黒皮を除去せず接着剤により接合した結果を図 4 中の中実の凡例で，図 5 に接着強さ - 変位関係を，図 6 に接着領域の破壊状況を示している。めっきを除去していない場合，接着強さは評価式から僅かに減少しているが，これは図 6(a, b) に示すように，凝集破壊よりも強度の低い，接着剤と被着材表面で破壊が生じる界面破壊が部分的に生じたことが要因である。図 6(c, d, e, f) に示す黒皮に直接接着剤を塗布した試験片では，黒皮を除去しない試験片であっても，サンドブラスト処理を施した試験片と同程度の接着強さを発揮した試験片も存在する。一方，接着面積が大きくなるにつれ，接着強さが大きく低下している。これは接着強さに比較し，黒皮と鋼材間の付着力の方が低いため，黒皮と鋼材の間で破壊が生じ，接着強さが同程度の t/l_a の値の試験片より大きく低下する試験片が存在している。したがって，黒皮を有する鋼材を接着剤により接合し，安定的な接着強さを発揮させる場合，鋼材表面の黒皮除去が必要となる。

5. 結

本報は被着材を鋼材としたシングルラップ継手の一面せん断耐力に接着領域の形状比が接着強さに及ぼす影響を考察し，接着強度の耐力評価式を提示した。以下に本報で得られた知見をまとめる。

- 1) 接着幅 b_a の比率の増加に伴い，接着強さは上昇する。ただし，比率 $b_a:l_a$ が 1.5:1 以上となると接着面の始終端に生じる剥離応力が同程度に小さくなるため，接着強さが一定の値へと収束する。
- 2) 既報²⁾で提案された簡易的に長さに対する曲げ剛性を表す指標 t/l_a を変数とした一面せん断耐力の評価式を提案した。提案した評価式は被着材である鋼材表面をサンドブラストにより処理した接合部の接着強さを適切に評価できている。ただし，提案した評価式には接着剤毎の最大引張強さ τ_{\max} が含まれているため，提案

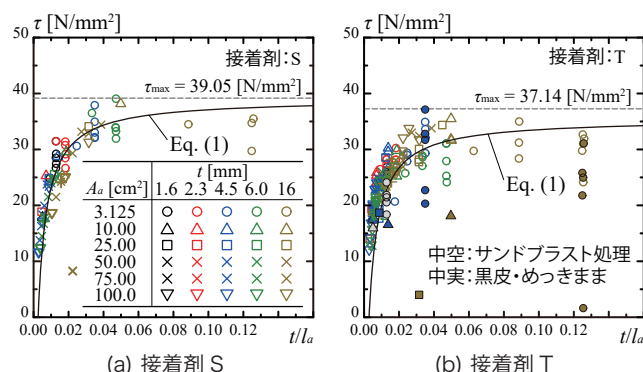


図 4 引張強さと指標 t/l_a の関係性および実験結果と評価式の対応

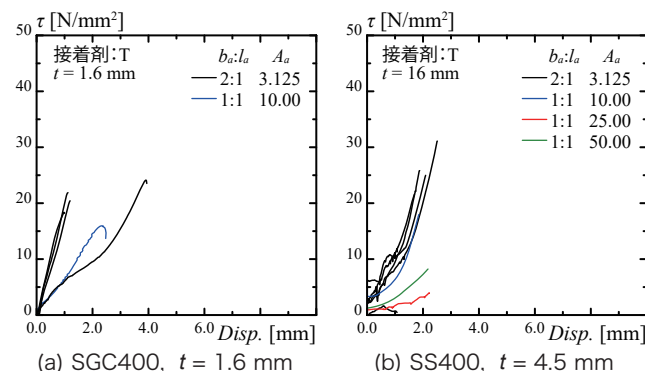


図 5 サンドブラスト処理を施さない試験片の接着強さ - 変位関係

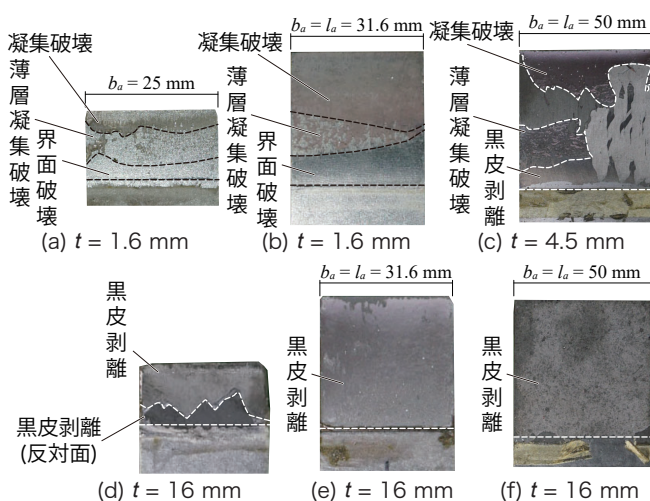


図 6 サンドブラスト処理を施さない試験片の破壊形式

した評価式を使用するには接着剤毎の最大引張強さ τ_{\max} を事前に調査する必要がある。

- 3) めっきを除去していない場合，界面破壊が部分的に生じるため，接着強さは僅かに減少する。
- 4) 黒皮を除去しない場合，黒皮と鋼材の付着力の方が低いため，接着強さが大きく低下し，この傾向は接着面積が大きくなるほど顕著となる。

【参考文献】

- 1) 花井 勉，小林 博一，五十嵐 規矩夫，三井 和也，秋本 雅人，小谷 準，紺野 誠，小川 大輝：接着剤を用いた鋼構造接合部の一面せん断耐力，日本建築学会大会学術講演梗概集，2025. 7
- 2) Goland M., Reissner E.: The Stress in Cemented Joints, J.Appl. Mech., Vol. 11, pp. A17-A27, 1944

*1 (株)えびす建築研究所

*2 東京科学大学環境・社会理工学院建築学系 博士 (工学)

*3 セメダイン(株)

*1 Ebisu Building Laboratory

*2 Dept. of Arch. and Build. Eng., Institute of Science Tokyo, Dr. Eng.

*3 CEMEDINE CO., LTD.