

# プライマーおよび塗装の違いによる SUS304L および SS400 の せん断付着強度に関する実験的研究

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○千藏航大  
長岡工業高等専門学校 正会員 宮崎靖大  
日鉄ケミカル&マテリアル(株) 正会員 佐藤勝太  
日鉄ケミカル&マテリアル(株) 正会員 小沼浩之

## 1. はじめに

近年、土木構造物の補修では、板厚が減少した鋼材の耐力を回復させるために FRP シートを腐食損傷した鋼部材の表面に張り付ける CFRP 接着工法<sup>1)</sup>が使用されている。CFRP 接着工法は、従来の当て板工法に比べて材料が軽量であり大型の機械・工具を使用しないため狭隘部での補修ができるなどの利点がある。既往の研究<sup>2)</sup>では FRP-炭素鋼(SS400)の接着接合部の塩害環境下における耐久性について、鋼板に防食塗装による防食性能が十分に保持されていれば、複合サイクル試験 600 サイクル後でも引張せん断強度が低下しないことが報告されている。

本研究では、接着剤に使用されているエポキシ樹脂の劣化因子として最も過酷な水分に注目し、湿潤環境における炭素鋼(SS400)およびステンレス鋼(SUS304L)同士の引張せん断強度について報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 試験体

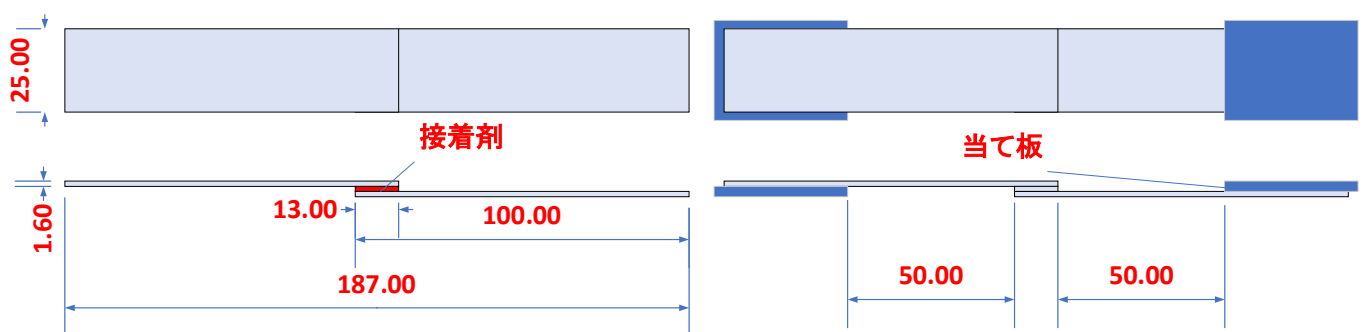
試験体形状は、JIS K6850<sup>3)</sup>に準拠した。その形状は図1(a)に示すように、厚さ 1.6mm、幅 25mm、長さ 100mm の 2 枚の板に 13mm の継手部を設け接着接合している。試験体条件を表1に示す。試験体条件は、鋼種の違い、2種類の異なるプライマー(高耐熱性エポキシ樹脂、高遮断性エポキシ樹脂)、プライマーに応じた防腐塗装の種類および有無の違いによる 8 条件とした。これらの試験体の接着面はケレン処理を行なった。高耐熱性エポキシ樹脂プライマー群(G1, G2, G5, G6)はアセトン洗浄後に高耐熱性エポキシ樹脂で鋼板を接着し、常温にて 1 日養生を行なった。高遮断性エポキシ樹脂プライマー群(G3, G4, G7, G8)はアセトン洗浄後に高遮断性エポキシ樹脂を塗布し、常温にて 1 日養生後、高耐熱性エポキシ樹脂で鋼板を接着し、常温にて 1 日養生を行なった。塗装有(G2, G4, G6, G8)は各種防腐塗装を行い、常温にて 3 日間養生を行なった。

### 2.2 温水浸漬試験

温水浸漬試験は 50°Cの恒温槽にて浸漬試験<sup>4)</sup>を行なった。浸漬期間は、0 週(未浸漬)、1 週、2 週、4 週、および 8 週とした 5 パターンを採用した。浸漬期間終了後は試験体に水分が残ることによる引張せん断試験値のばらつきを抑えるため 50°Cで 6 時間乾燥を実施した。

### 2.3 引張せん断試験法

引張せん断試験は、JIS K6850 に準拠して行う。試験時は図1(b)に示すように試験体重ね部の端から 50mm 離れた部分をつかみ具で固定し、接着接合面に均等に荷重がかかるようにつかみ部に当て板を使用して負荷を行う。引張せん断試験には、精密引張試験機(島津製作所製 AGX-300kN)を用い、クロスヘッド変位速度を 1mm/min で負荷し、試験中のデータは試験機付属のロードセルより荷重を測定した。



(a)試験体詳細図

(b)当て板を使用した試験体

図1 本研究で使用する試験体図

### 3. 実験結果

図2に引張せん断試験により得られたせん断付着強度と温水浸漬期間の関係を示す。同図の縦軸のせん断付着強度は、(1)式にて算出した。

$$\text{せん断付着強度 (N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{荷重(N)}}{\text{接着面積(mm}^2\text{)}} \quad (1)$$

鋼材の違いに着目すると、いずれのプライマーもSS400と比較して、SUS304Lの低下が顕著であり、付着強度の最大値に対する8週目の強度は、高耐熱性エポキシで最大約26%、高遮断性エポキシで最大約44%低下した。

プライマーの違いに着目すると、いずれの条件においても高耐熱性エポキシの付着強度は、高遮断性エポキシより高い付着強度を示した。

塗装の有無による違いは、いずれの試験体においても防腐塗装による耐久性の向上は確認できなかった。

目視による各試験体の破壊形態を表2に示す。なお、図3に代表的な接着表面の破壊形態を示す。SS400は浸漬期間が増加するごとに界面破壊を示す試験体が多くなることが確認された。また、SUS304Lでは、G5およびG6は早期から界面破壊を示すものの、高遮断性プライマー用いた試験体は8週目から界面破壊を示した。

### 4. 結論

本研究ではSUS304LおよびSS400を対象として、下地と防腐塗装の異なる施工を行った8条件の試験体に湿潤環境下におけるせん断付着強度を測定した。以下に結論を示す。

- (1) 高耐熱性エポキシによる接着では、SUS304Lに対する付着強度の低下が顕著であった。また、高遮断性プライマーによる接着では、SS400およびSUS304Lにて付着強度が低下した。
- (2) SS400は浸漬期間が長期になるに伴い、界面破壊が増加した。浸漬期間8週目のSUS304Lでは、高耐熱性プライマーは凝集破壊、高遮断性プライマーは界面剥離となった。

### 参考文献

- 1) 若林大, 宮下剛, 奥山雄介, 秀熊祐哉, 小林郎, 小出宜央, 堀本歴, 長井正嗣: 高伸度弾性パテ材を用いた炭素繊維シート接着による鋼桁補修設計法の提案, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント), Vol.71, No.1, pp.44-63, 2015.
- 2) 北根安雄, 上山祐太, 政門哲夫, 中村一史: FRP-鋼接着接合部の腐食耐久性に関する実験的研究, 土木学会 構造工学論文集 Vol.63A, pp.1013-1022, 2017.
- 3) 日本産業標準調査会: JIS K6850 接着剤-剛性被着材の引張せん断接着強さの試験方法, 日本産業規格, 1999.
- 4) 中澤真人: 鉄鋼表面とエポキシ樹脂の接着メカニズム新日鉄技法 Vol.353, pp.16-21, 1994.

表2 目視による各試験体の破壊形態

試験体グループ	鋼材	下地処理	プライマー	接着剤	防腐塗装	浸漬期間			
						0週	1週	4週	8週
G1	SS400	ケレン	高耐熱性 エポキシ	高耐熱性	フッ素系	凝集/界面	凝集	界面	界面
G2						凝集/界面	凝集	凝集	界面
G3			高遮断性 エポキシ	高耐熱性 エポキシ	高遮断性	凝集	凝集	界面	界面
G4			高遮断性 エポキシ	高耐熱性 エポキシ	高遮断性	凝集	凝集	凝集/界面	凝集/界面
G5	SUS304L	ケレン	高耐熱性 エポキシ	高耐熱性	フッ素系	界面	界面	凝集	凝集
G6						界面	凝集/界面	凝集	凝集
G7			高遮断性 エポキシ	高耐熱性 エポキシ	高遮断性	凝集	凝集	凝集	凝集/界面
G8			高遮断性 エポキシ	高耐熱性 エポキシ	高遮断性	凝集	凝集	凝集	界面



図3 代表的な破壊断面

表1 各種試験体内容

試験体グループ	鋼材	下地処理	プライマー	接着剤	防腐塗装	浸漬期間
G1	SS400	ケレン	高耐熱性		フッ素系	0週(未浸漬), 1週, 2週, 4週, 8週
G2			エポキシ			
G3			高遮断性	高耐熱性	高遮断性	
G4			エポキシ	エポキシ		
G5	SUS304L	ケレン	高耐熱性		フッ素系	
G6			エポキシ			
G7			高遮断性	高耐熱性	高遮断性	
G8			エポキシ	エポキシ		

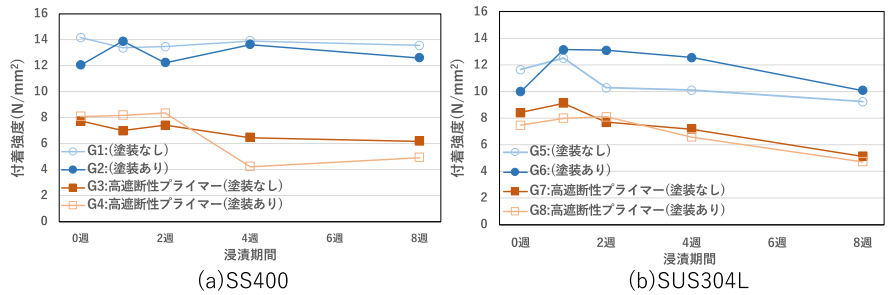


図2 各鋼種の浸漬期間ごとのせん断付着強度